

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

До захисту допущено

Завідувач кафедри

О.В. Коваль

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2019р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050101 “Комп’ютерні науки”

на тему “Система розрахунку параметрів робочого процесу
газотурбінної установки в середовищі моделювання Matlab”

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи ТР-51

Гриньов Максим Андрійович

(прізвище, ім’я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент, к.т.н, Лабжинський В.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Київ – 2019

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти перший, бакалаврський

Напрямок підготовки 6.050101 “Комп’ютерні науки”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В. Коваль
(підпис)

” ” _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломну роботу студенту
Гриньову Максиму Андрійовичу**

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи _____ “ Система розрахунку параметрів робочого процесу
газотурбінної установки в середовищі моделювання Matlab”

керівник роботи _____ Лабжинський Володимир Анатолійович, доцент, к.т.н.
(прізвище, ім’я, по батькові науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від ”__”____ 201__р. №__

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____ Середовище моделювання Matlab

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) _____ Розробити модель робочого процесу газотурбінної установки, яка б дозволяла побачити параметри системи в певний момент часу роботи системи. Розробити систему розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу
_____ «Мета роботи», «Схема роботи газотурбінної установки», «Обчислення ККД установки», «Засоби розробки програми», «Модель газотурбінної установки», «Вхідні та вихідні дані», «Інтерфейс користувача», «Результати роботи газотурбінної установки», «Збереження кінцевих параметрів в текстовий файл», «Висновки» .

6. Дата видачі завдання ”__”____ 201__р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1.	Вивчення та аналіз задачі	01.12.2018-31.03.2019	
2	Розробка архітектури та загальної структури системи	01-18.04.2019	
3.	Розробка структур окремих підсистем	19-25.04.2019	
4.	Програмна реалізація системи	26.04-13.05.2019	
5.	Оформлення пояснювальної записки	06.05-01.06.2019	
6.	Захист програмного продукту	25.05.2019	
7.	Передзахист	01.06.2019	
8.	Захист	18.06.2019	

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали,)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали,)

АНОТАЦІЯ

Метою роботи було створення системи розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки, яка б дозволяла задавати початкові параметри, моделювати процес роботи газотурбінної установки, отримувати та зберігати результати роботи моделі. Програма розроблена засобами програмного середовища MATLAB.

Записка містить 56 сторінок, 22 рисунків та 15 посилань.

ABSTRACT

The aim of the work was to create a system for calculating the parameters of the working process of the gas turbine installation, which would allow to set initial parameters, to model the operation of the gas turbine installation, to receive and store the results of the model. The program is developed by means of the MATLAB software environment.

The note contains 56 pages, 22 images and 15 references.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Задачі для програмної реалізації.....	8
1.1 Задача створення моделі робочого процесу газотурбінної установки.....	8
1.2 Задача створення системи розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки.....	9
1.3 Задача розробки системи моделювання робочого процесу ТЕЦ з декількома газотурбінними установками.....	10
1.4 Висновки.....	10
2. Огляд предметної області.....	11
2.1 Схема роботи газотурбінної установки.....	11
2.2 Обчислення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки.....	12
2.4 Висновки.....	12
3. Засоби реалізації системи.....	13
3.1 Засоби програмного пакету MATLAB.....	13
3.2 Графічне середовище імітаційного моделювання Simulink.....	14
3.3 Бібліотека моделювання термодинамічних систем Thermolib.....	16
3.4 Блок Wet Air.....	19
3.5 Блок ініціалізації моделі Model Setup.....	19
3.6 Блок Pure Substance Source.....	21
3.7 Блок Compressor.....	22
3.8 Блок Mixer.....	23
3.9 Блок камери згоряння.....	25
3.10 Блок Turbine.....	26
3.11 Блок Sensor.....	27
3.12 Висновки.....	28
4. Опис програмної реалізації.....	29
4.1 Модель робочого процесу газотурбінної установки.....	29

4.2 Інтерфейс корисувача для роботи з моделлю.....	30
4.3 Дослідження моделі.....	34
4.4 Інсталяція та запуск програми.....	37
4.5 Висновки.....	38
Висновки.....	39
Список використаних джерел.....	40
ДОДАТОК А.....	42
ДОДАТОК Б.....	44
ДОДАТОК В.....	48

ВСТУП

На сьогоднішній день досить широко почали використовуватись газотурбінні установки. Принцип роботи такої установки полягає в тому, що газ стискається і нагрівається, потім енергія, яка виділяється після нагрівання газу перетворюється в механічну роботу на валу газової турбіни. Зважаючи на те, що робочий процес газотурбінної установки вимагає певних витрат ресурсів, виникає потреба в створенні системи розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки.

Створена система дозволила б оцінити час роботи установки, та моделювати її робочий процес при відповідних вхідних параметрах. Таким чином, задаючи певні параметри повітря, яке надходить до компресора газотурбінної установки та палива, моделюючи процес роботи при заданих параметрах, можна здійснювати розрахунок коефіцієнта корисної дії даної установки.

Для створення програмного забезпечення обрано програмне середовище MATLAB. Він містить досить ефективні засоби для моделювання різних динамічних процесів.

1. ЗАДАЧІ ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Метою роботи є створення системи розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки, яка б дозволяла задавати початкові параметри, моделювати процес роботи газотурбінної установки, отримувати та зберігати результати роботи моделі.

Під час виконання роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- створення моделі робочого процесу газотурбінної установки, яка б дозволяла побачити параметри системи в певний момент часу роботи системи;
- створення системи розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки;
- розробка системи моделювання робочого процесу теплоелектроцентралі (ТЕЦ), яка б дозволяла змоделювати процес роботи з використанням декількох газотурбінних установок.

1.1 Задача створення моделі робочого процесу газотурбінної установки

Вхідними даними для моделі робочого процесу газотурбінної установки є:

- тиск на вході в компресор, Па;
- молярний потік повітря, моль/с;
- температура повітря, К;
- тиск повітря, Па;
- відносна вологість повітря, %.

Перед описом вихідних даних сформуємо три стани параметрів газу:

- перший стан характеризує параметри газу перед потраплянням в камеру згоряння;

- другий стан характеризує параметри газу після потрапляння в камеру згоряння;
- третій стан характеризує параметри газу після потрапляння в газову турбіну.

До вихідних даних відносяться:

- зміна масової витрати газу для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна температури газу для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна тиску газу для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки H_2O в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки N_2 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки O_2 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки CH_4 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки CO_2 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу.

1.2 Задача створення системи розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки

Вхідними параметрами для розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки є:

- тиск газу на виході з компресора повітря, Па;
- тиск газу на виході з компресора палива, Па;
- тиск газу на виході з газової турбіни, Па;
- молярний потік палива, моль/с.

Вихідним параметром є обчислене значення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки, яке дозволяє оцінити ефективність роботи даної установки.

1.3 Задача розробки системи моделювання робочого процесу ТЕЦ з декількома газотурбінними установками

Розроблене програмне забезпечення повинно надавати можливість користувачу моделювати процес роботи теплоелектроцентралі з декількома газотурбінними установками, при цьому користувач повинен мати змогу самостійно визначати кількість газотурбінних установок.

Вхідними параметрами є назва ТЕЦ та час моделювання. Вихідними параметрами є вихідні параметри кожної з моделей робочого процесу газотурбінних установок.

1.4 Висновки

Сформульовані задачі, які необхідно вирішити в ході виконання роботи:

- створення моделі робочого процесу газотурбінної установки, яка б дозволяла побачити параметри системи в певний момент часу роботи системи;
- створення системи розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки;
- розробка системи моделювання робочого процесу теплоелектроцентралі (ТЕЦ), яка б дозволяла змоделювати процес роботи з використанням декількох газотурбінних установок.

2. ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

В даному розділі буде зроблено огляд принципу роботи газотурбінної установки [1], на основі якого створюватиметься модель її робочого процесу та розглянуто розрахунок коефіцієнта корисної дії.

2.1 Схема роботи газотурбінної установки

Схема роботи газотурбінної установки зображена на рисунку 2.1.

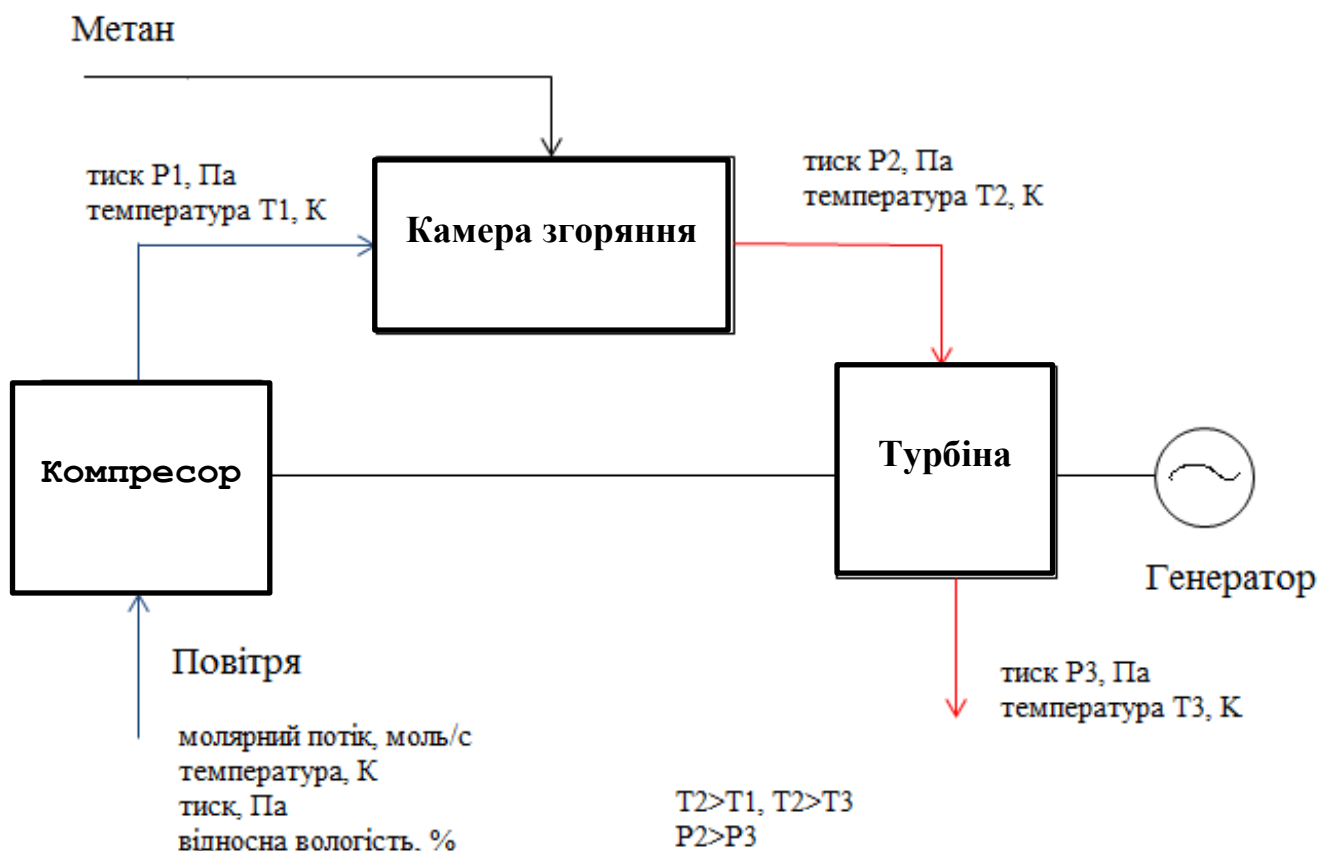


Рисунок 2.1 – Схема роботи газотурбінної установки

Принцип роботи газотурбінної установки є наступним. Повітря подається в компресор для збільшення тиску. Стиснене повітря змішується з паливом і отримана суміш потрапляє в камеру згоряння. Згоряння сприяє підвищенню загальної

температури. Таким чином в нас відбувається генерація теплової енергії. Після камери згоряння газова суміш потрапляє в турбіну, де відбувається розширення газу і тепла енергія перетворюється на механічну [2]. Ця енергія подається в генератор для генерації електрики. Як можна побачити на схемі в якості палива вибрано метан.

Робочий процес газотурбінної установки описується за допомогою циклу Брайтона (Brayton). Цикл Брайтона складається з процесів:

- ізоентропійне стиснення;
- ізобарне розширення;
- ізоентропійне розширення;
- ізобарне стиснення.

2.2 Обчислення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки

ККД газотурбінної установки, для якої в якості палива використовується метан обчислюється за формулою (2.1):

$$\mu = \frac{-(P_1 + P_2 + P_3)}{M * 50010 * 16} * 100\%, \quad (2.1)$$

де μ – ККД установки, %;

P_1 – енергія на виході з компресора повітря за секунду часу, Дж/с;

P_2 – енергія на виході з компресора метану за секунду часу, Дж/с;

P_3 – енергія на виході з турбіни за секунду часу, Дж/с;

M – молярний потік метану, моль/с.

2.4 Висновки

Розглянуто схему роботи газотурбінної установки. Наведено формулу обчислення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки. В якості палива для газотурбінної установки буде взято метан.

3. ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

Програмне забезпечення для розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки [3] розроблено засобами програмного пакету MATLAB [4]. Для створення моделі використовувались інструменти бібліотеки Thermolib програмного середовища Simulink.

3.1 Засоби програмного пакету MATLAB

До складу програмного пакету MATLAB [5] входить велика кількість наборів інструментів та бібліотек, які використовуються для побудови різноманітних систем моделювання. Для створення системи розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки [6] використовувались такі інструменти, як середовище розробки графічного інтерфейсу користувача GUIDE [7] та графічне середовище імітаційного моделювання Simulink.

Робота в середовищі GUIDE досить проста – елементи управління (кнопки, списки, що розкриваються і т.д.) розміщуються за допомогою миші, а потім програмуються події, які виникають при зверненні користувача до даних елементів управління.

Програма може складатися як з одного основного вікна, так і декількох вікон, і здійснювати вивід графічної і текстової інформації в основне вікно програми і в окремі вікна. Ряд функцій MATLAB призначений для створення стандартних діалогових вікон відкриття і збереження файлу, друку, вибору шрифту, вікна для введення даних і ін., якими можна користуватися під час розробки та роботи над власними програмами.

Для того, щоб розпочати роботу з середовищем розробки графічного інтерфейсу користувача, достатньо в командному рядку MATLAB запустити на виконання команду `guide`. Відкриється вікно, зображене на рисунку 3.1. Щоб розпочати розробку інтерфейсу, починаючи з пуского вікна, потрібно натиснути

Blank GUI. Також є й інші варіанти для створення графічного вікна: GUI with Uicontrols (шаблон графічного вікна з кнопками, перемикачами і полями введення), GUI with Axes and Menu (шаблон з координатними осями, меню, кнопкою і списком), Modal Question Dialog (шаблон для модального вікна).

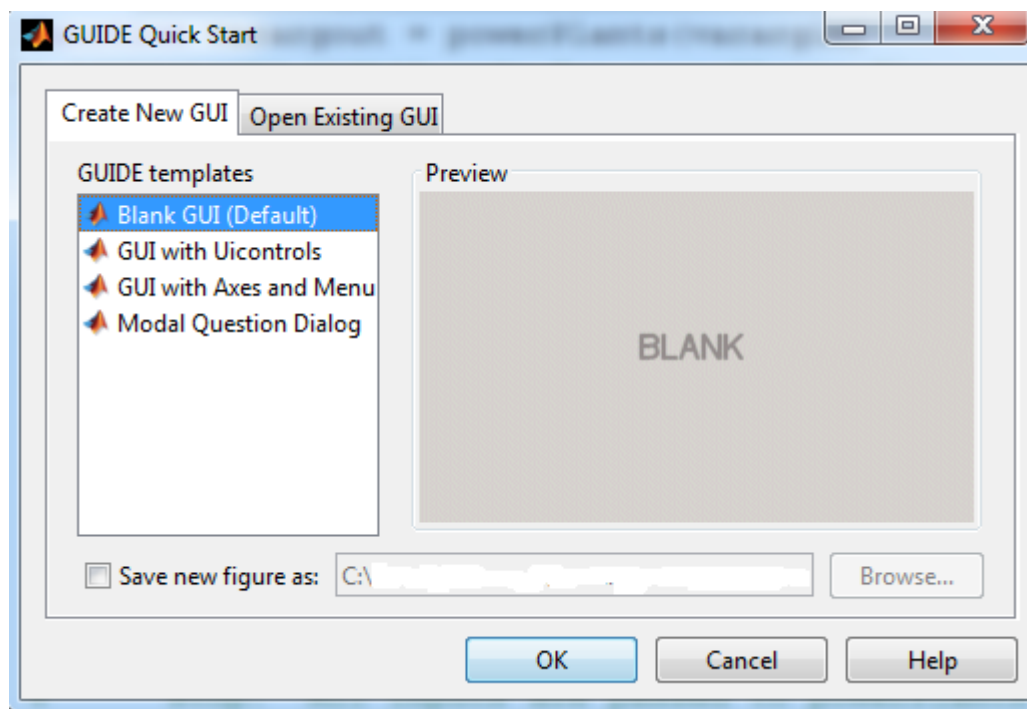


Рисунок 3.1 – Створення нового графічного вікна

В наступних пунктах розділу описано графічне середовище імітаційного моделювання Simulink та бібліотека Thermolib.

3.2 Графічне середовище імітаційного моделювання Simulink

Simulink – це графічне середовище імітаційного моделювання, що дозволяє за допомогою блок-діаграм у вигляді направлених графів, будувати динамічні системи моделювання, включаючи дискретні, безперервні і гібридні, нелінійні і розривні системи.

Інтерактивне середовище Simulink, дозволяє використовувати вже готові бібліотеки та набори блоків для моделювання електросилових, механічних і гідравлічних систем, а також застосовувати розвинений орієнтований на моделі

підхід при розробці систем управління, засобів цифрового зв'язку і пристроїв реального часу.

Головне вікно середовища Simulink зображено на рисунку 3.2. В головному вікні міститься список бібліотек, з допомогою яких можна створювати різноманітні динамічні системи.

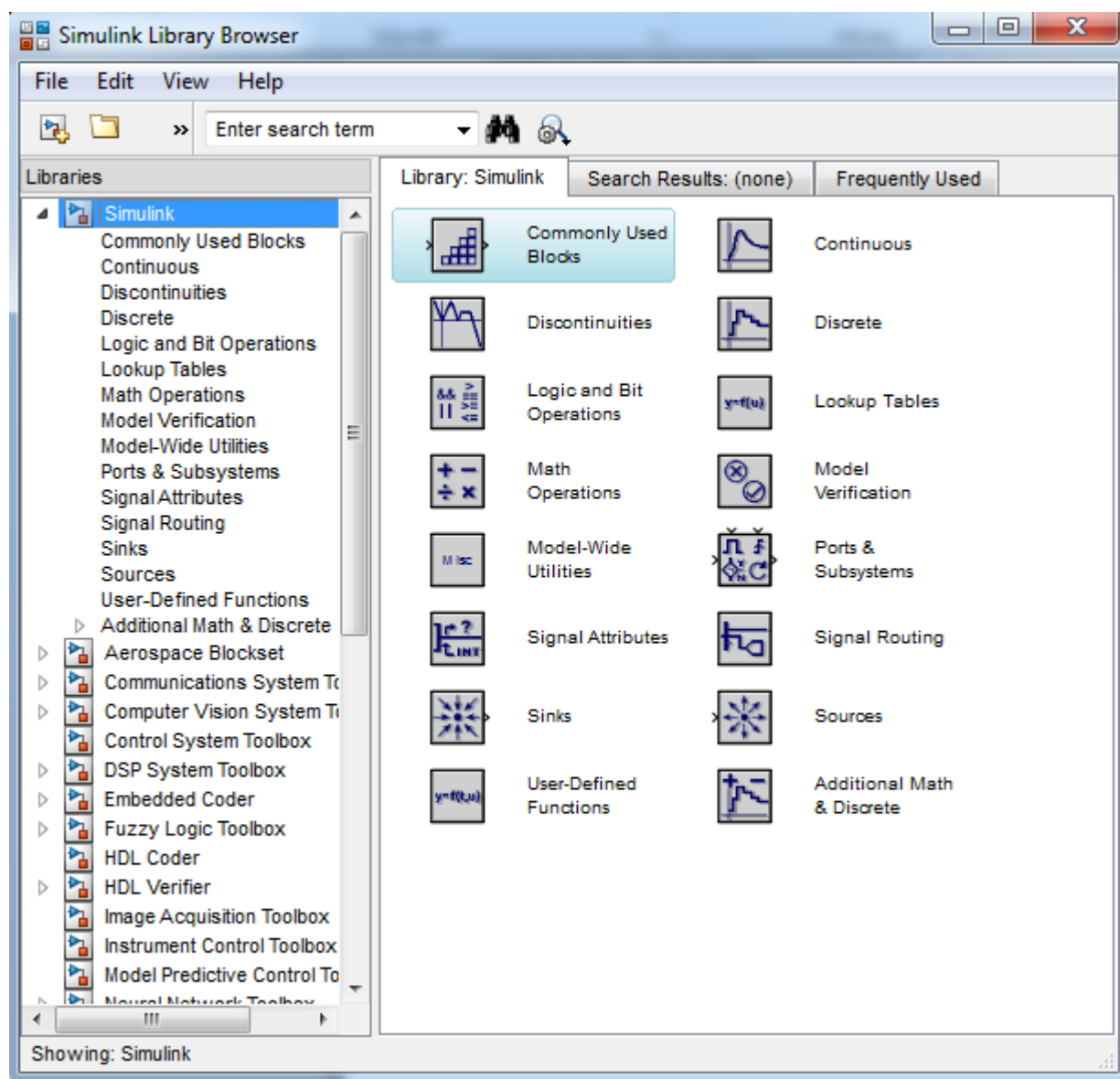


Рисунок 3.2 – Головне вікно середовища Simulink

Також на рисунку 3.2 зображено основні блоки бібліотеки Simulink:

- часто використовувані блоки (Comonly Used Blocks);
- блоки неперервних функцій (Continuous);
- блоки функцій, що мають розриви (Discontinuities);

- блоки функцій дискретизації часу (Discrete);
- блоки логічних та побітових операцій (Logic and Bit Operations);
- блоки таблиць пошуку (Lookup Tables);
- блоки математичних операцій (Math Operations);
- блоки перевірки моделі (Model Verification);
- інформаційні блоки моделі (Model-Wide Utilities);
- блоки портів та підсистем (Ports and Subsystems);
- блоки атрибутів сигналу (Signal Attributes);
- блоки маршрутизації сигналу (Signal Routing);
- блоки виведення інформації (Sinks);
- блоки генерації сигналу (Sources).

3.3 Бібліотека моделювання термодинамічних систем Thermolib

Thermolib – бібліотека, яка розширює можливості середовищ MATLAB та Simulink в галузі моделювання термодинамічних систем.

В бібліотеці Thermolib реалізовані фундаментальні термодинамічні обчислення з урахуванням зміни агрегатного стану речовин.

Thermolib містить великий набір компонентів, що дозволяють описати цілу термодинамічну систему, яка містить трубопроводи, елементи теплообміну, насоси та компресори, хімічні реактори, ємності, клапани, змішувачі. Можливо опис більш складних систем, наприклад паливних елементів [8].

Зробимо короткий опис термодинаміки реалізованої в бібліотеці Thermolib.

Маса - це збережена кількість (за винятком ядерних реакцій), як і маса будь-якої окремої сполуки, якщо в системі немає хімічної реакції. Запишемо рівняння збереження: $\frac{dm}{dt} = \sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in}$.

Всі складові блоки в Thermolib, крім Tanks не накопичують масу. Відсутнє накопичення маси в контрольному обсязі, так як в сталому режимі стаціонарний процес його спрощує: $\sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in} = 0$.

Багато компонентних блоків у Thermolib мають входи і виходи типу "Qdot" або "P_mch", що представляють енергетичні потоки через межу блоку.

Якщо такий сигнал має значення більше 0, то в даний час енергетичний потік відбувається із-за меж блоку всередину блоку. Потім енергія, потужність або тепло додають до потоку або до внутрішніх джерел енергії.

Якщо такий сигнал має значення менше 0, то поточний потік енергії відбувається зсередини блоку назовні блоку. Енергія, потужність або тепло вилучається з потоку або з внутрішніх джерел енергії.

Загальний вигляд закону збереження енергії є наступним:

$$\frac{dU}{dt} = \sum \dot{H}_{in,i} - \sum \dot{H}_{out,j} + \sum \dot{Q}_k + \sum P_m.$$

Кінетичні і потенційні енергії вхідних і вихідних потоків Thermolib і в рівнянні вище не враховуються. В формулі закону збереження енергії $\dot{H}_{in,i}$ – ентальпійний потік вхідного і-го потоку, $\dot{H}_{out,j}$ – ентальпійний потік вихідного j-го потоку, \dot{Q}_k – k-й тепловий потік, P_m – механічна потужність та U – внутрішня енергія компонента.

Це означає, що для компресора механічна енергія буде, як правило, позитивною, оскільки механічна енергія на валу додається до рідини, тоді як для турбіни вона є негативною, оскільки потужність вивільняється рідиною.

Для гарячого компонента, такого як реактор, сигнал Qdot (теплообмін з навколишнім середовищем) буде, як правило, негативним, оскільки це тепло виходить з реактора [9, 10].

В такий спосіб реалізовано масовий та енергетичний потоки [11].

На рисунку 3.3 зображено набори блоків бібліотеки Thermolib. До них належать:

- блоки, які характеризують енергетичний баланс (Balance);
- блоки з компонентами для побудови моделей електропроцесів, тепло та масообміну, гідравлічних процесів, процесів реактора (Components);
- блоки пропорційно-інтегрального та пропорційно-інтегрально-диференціюючого регуляторів (Controllers);

- допоміжні блоки (Miscellaneous);
- блок ініціалізації моделі (Setup);
- блоки виведення інформації (Sinks);
- блоки задання вхідних параметрів (Sources);
- блоки, що характеризують термодинамічні стани та властивості (Thermodynamic States and Properties);
- блоки змін термодинамічного стану (Thermodynamic State Changes).

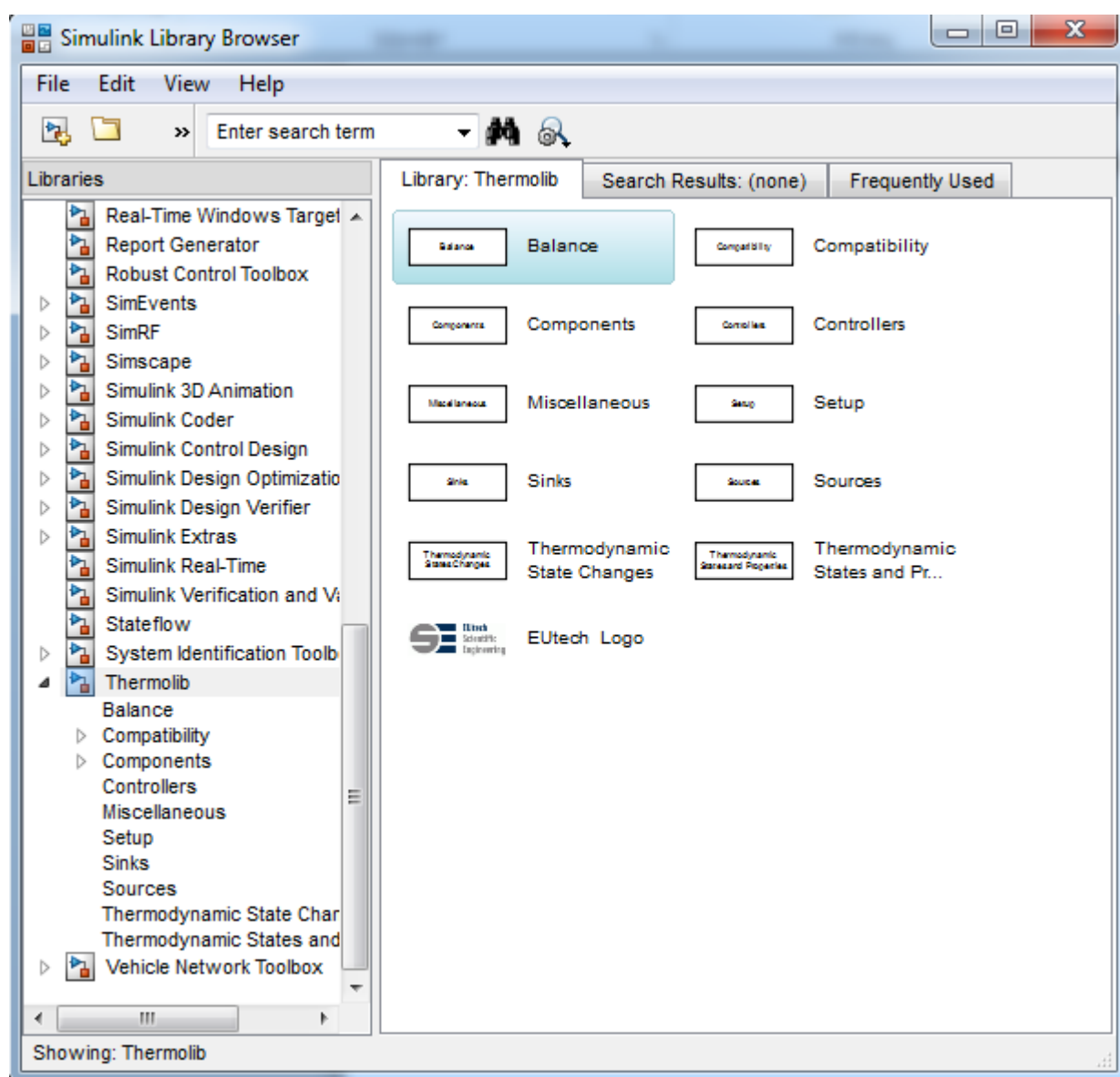


Рисунок 3.3 – Набори блоків бібліотеки Thermolib

Розглянемо блоки необхідні для побудови моделі робочого процесу газотурбінної установки.

3.4 Блок Wet Air

Блок Wet Air знаходиться в наборі інструментів Sources. Він застосовується для задання параметрів вологого або сухого повітря на вході в компресор.

До параметрів повітря, які можна задавати, відносяться молярний потік, температура, тиск, відносна вологість. Для встановлення параметрів використовується діалогове вікно, зображене на рисунку 3.4.

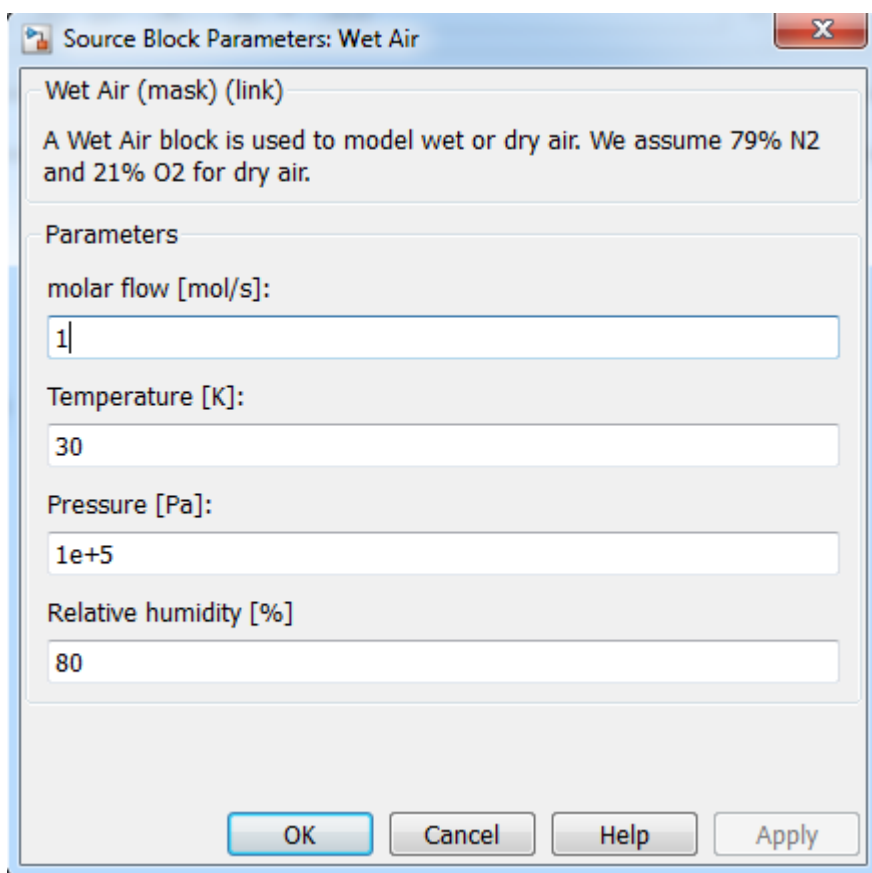


Рисунок 3.4 – Задання параметрів повітря

Задаючи різні значення параметрів повітря можна досліджувати зміни в робочому процесі газотурбінної установки.

3.5 Блок ініціалізації моделі Model Setup

Блок ініціалізації моделі – єдиний блок в наборі інструментів Setup. Для коректної роботи блоків Thermolib завжди потрібний блок налаштування моделі. Він

завантажує змінні робочої області, необхідні для моделювання, і готує генерацію масового потоку і енергетичних балансів.

Параметри цього блоку задаються в діалоговому вікні зображеному на рисунку 3.5.

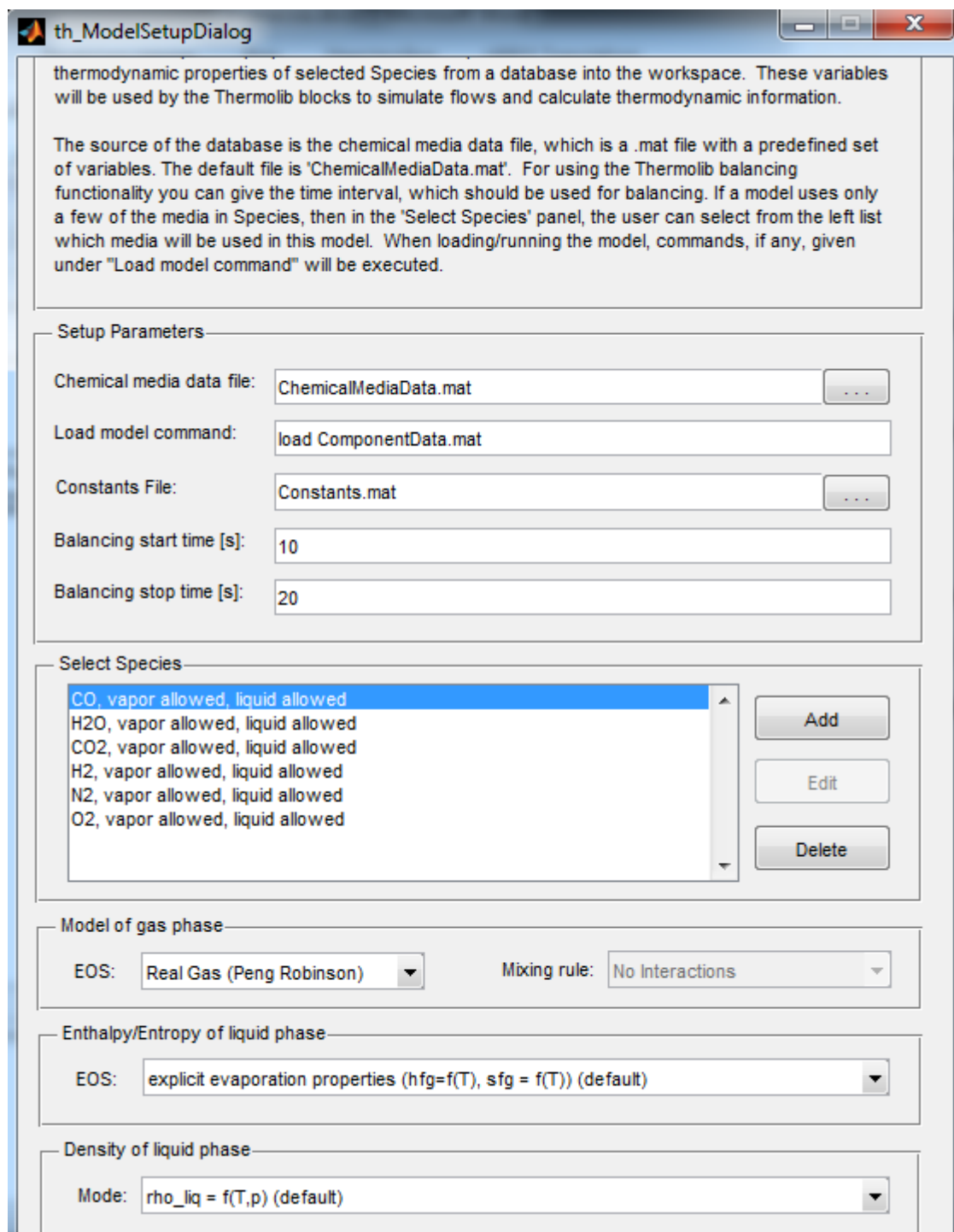


Рисунок 3.5 – Задання параметрів блока Model Setup

Перед початком моделювання цей блок завантажує набір mat-файлів у робочу область MATLAB [12], які містять інформацію про використані види речовин та їх хімічні і термодинамічні властивості, термодинамічні та числові константи та іншу необхідну інформацію.

3.6 Блок Pure Substance Source

Блок Pure Substance Source знаходиться в наборі інструментів Sources та являє собою джерело одно- або двофазного потоку або резервуара чистої речовини.

Параметри даного блоку задаються в діалоговому вікні, зображеному на рисунку 3.6.

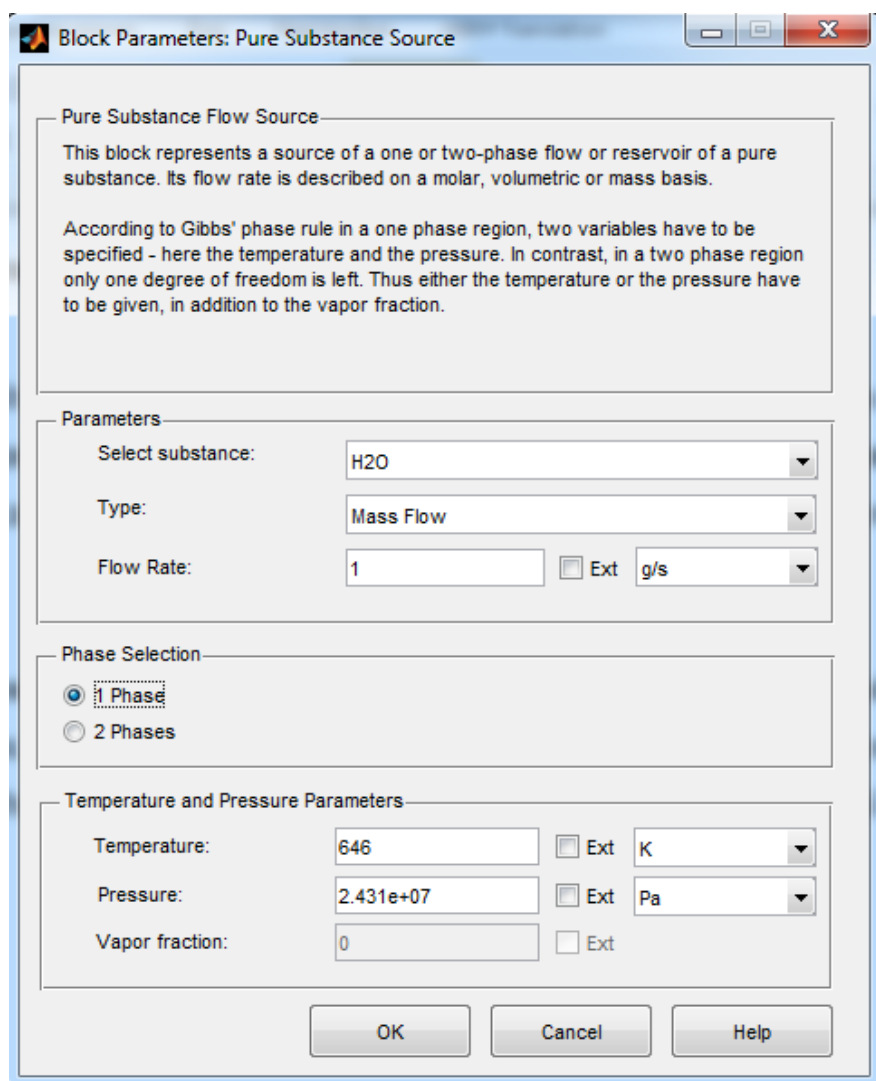


Рисунок 3.6 – Задання параметрів Pure Substance Source

Згідно фазовому правилу, в одній фазі необхідно вказати дві змінні – температуру і тиск. Навпаки, в двофазній області залишається лише одна змінна. Таким чином, необхідно додавати температуру або тиск на додаток до фракції пари.

3.7 Блок Compressor

Блок Compressor знаходиться в наборі інструментів Components/Hydraulic. Компресорний блок збільшує тиск вхідного потоку до заданого тиску на виході або заданої механічної потужності. Доступні чотири режими роботи.

Ізотропний режим компресора визначає термодинамічний стан вихідного потоку разом з необхідною механічною витратою компресора при заданій ефективності ізотропії. Ефективність витягується з таблиці пошуку як функція масового потоку.

В політропному режимі політропне відношення між вхідним і вихідним станами використовується для визначення термодинамічного стану виходу і необхідної механічної потужності.

В механічному режимі компресора підвищується тиск вхідного потоку до більш високого тиску. Використовується задана величина механічної потужності для визначення термодинамічного стану вихідного потоку і виробленої теплової швидкості під час процесу. Політропне відношення між вхідним і вихідним станами використовується для визначення термодинамічного стану виходу і необхідної механічної потужності.

В активному режимі компресора підвищується тиск вхідного потоку до заданого тиску на виході. Обчислюється масова витрата і витрата механічної потужності в залежності від ефективності ізотропії і визначається стан вихідного потоку.

Параметри компресора задаються в діалоговому вікні зображеному на рисунку 3.7. В даному діалоговому вікні ми можемо вибрати один з чотирьох режимів компресора.

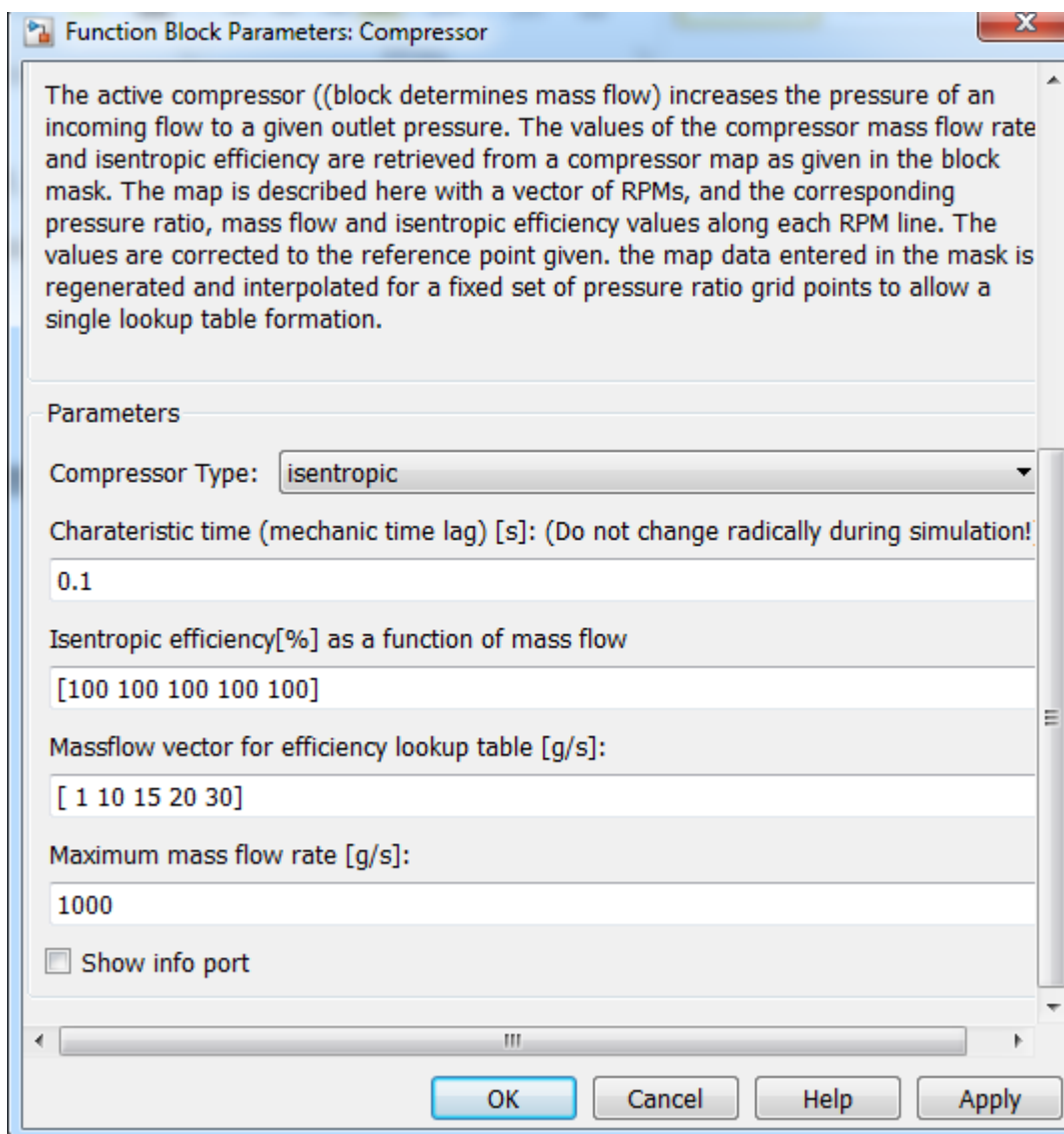


Рисунок 3.7 – Задання параметрів компресора

В даному вікні ми задаємо вектор ізотропної ефективності, та вектор масового потоку.

3.8 Блок Mixer

Блок Mixer знаходиться в наборі інструментів Components/Hydraulic. На рисунку 3.8 зображено діалогове вікно для задання параметрів змішувача.

Блок змішувача обчислює температуру, склад і тиск після адіабатичного змішування двох рідин. Це враховує фазові зміни, але хімічні реакції не розглядаються. Вихідна ентальпія є сумою вхідних ентальпій.

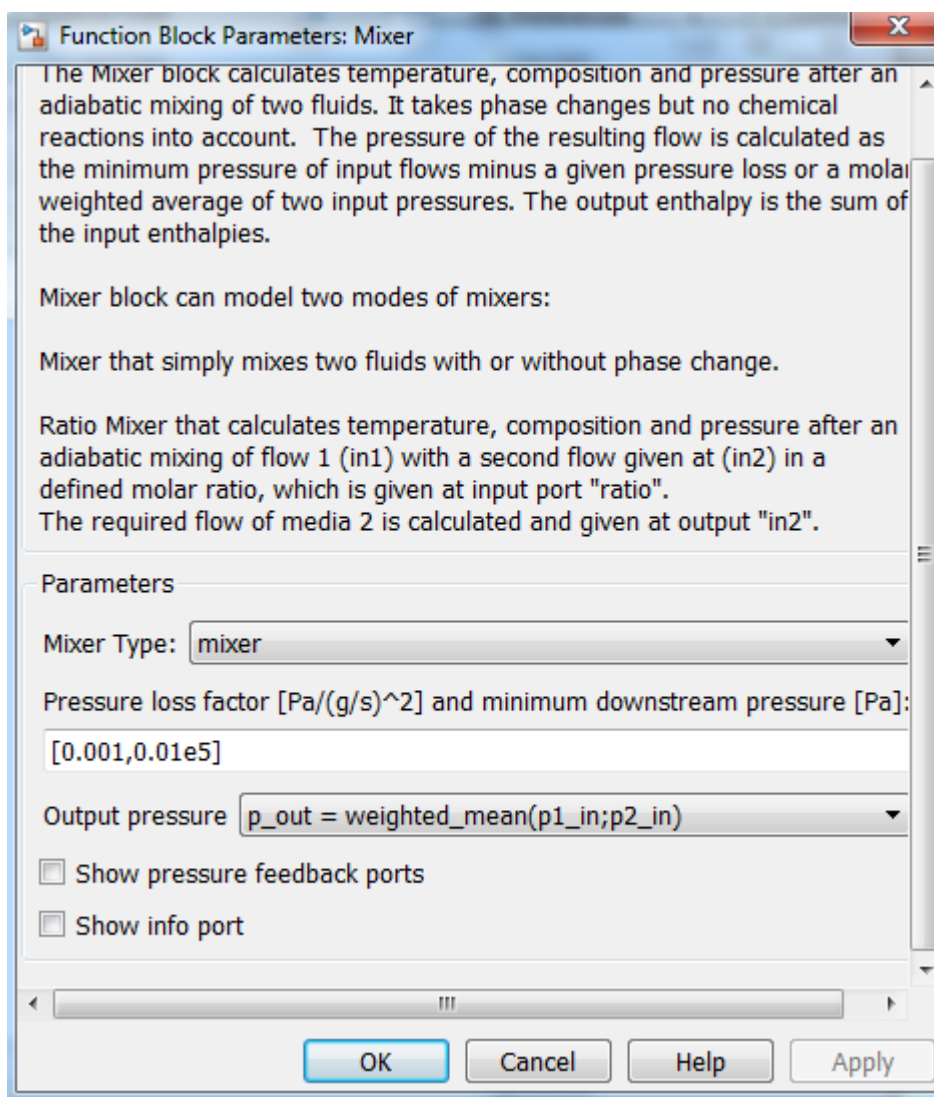


Рисунок 3.8 – Задання параметрів блока Міксер

За допомогою блоку Міксер можна моделювати два режими змішувачів:

- просте змішування двох рідин з або без зміни фази. Вихідний масовий потік є сумою вхідних масових потоків;
- змішування, при якому обчислюється температура, склад і тиск після адіабатичного змішування одного потоку з другим потоком, заданим у визначеному молярному співвідношенні.

Для вибору режиму в полі Mixer Type відповідно встановлюється міксер або ratio mixer.

3.9 Блок камери згоряння

На рисунку 3.9 зображено діалогове вікно для задання параметрів блоку реактора, який може використовуватись в якості камери згоряння метану.

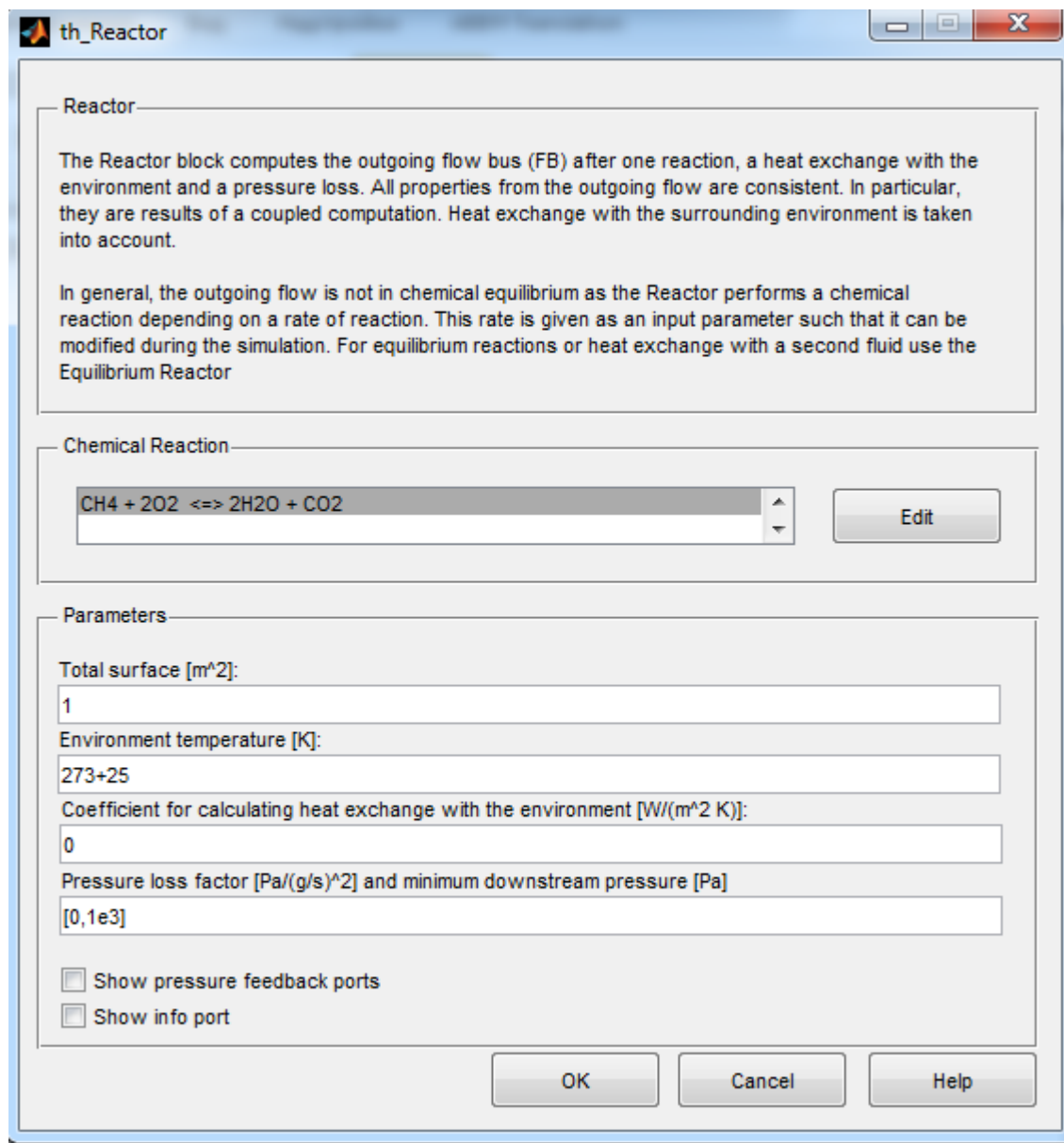


Рисунок 3.9 – Задання параметрів для блоку камери згоряння

Бібліотека Thermolib містить дев'ять різних блоків реакторів. До них відносяться:

- C8H18-Autothermal Reformer;
- CH4-Autothermal Reformer;
- CH4-Burner;

- CH₄-Reformer;
- Equilibrium Reactor;
- Lambda Burner;
- Preferential Oxidation Reactor;
- Reactor;
- Shift Reactor.

Для випадку, коли в якості палива використовується метан, можна використати блок CH₄-Burner.

3.10 Блок Turbine

Для того, щоб додати в модель газову турбіну, потрібно скористатись блоком Turbine, який знаходиться в наборі інструментів Components/Hydraulic. Діалогове вікно для задання параметрів турбіни зображено на рисунку 3.10.

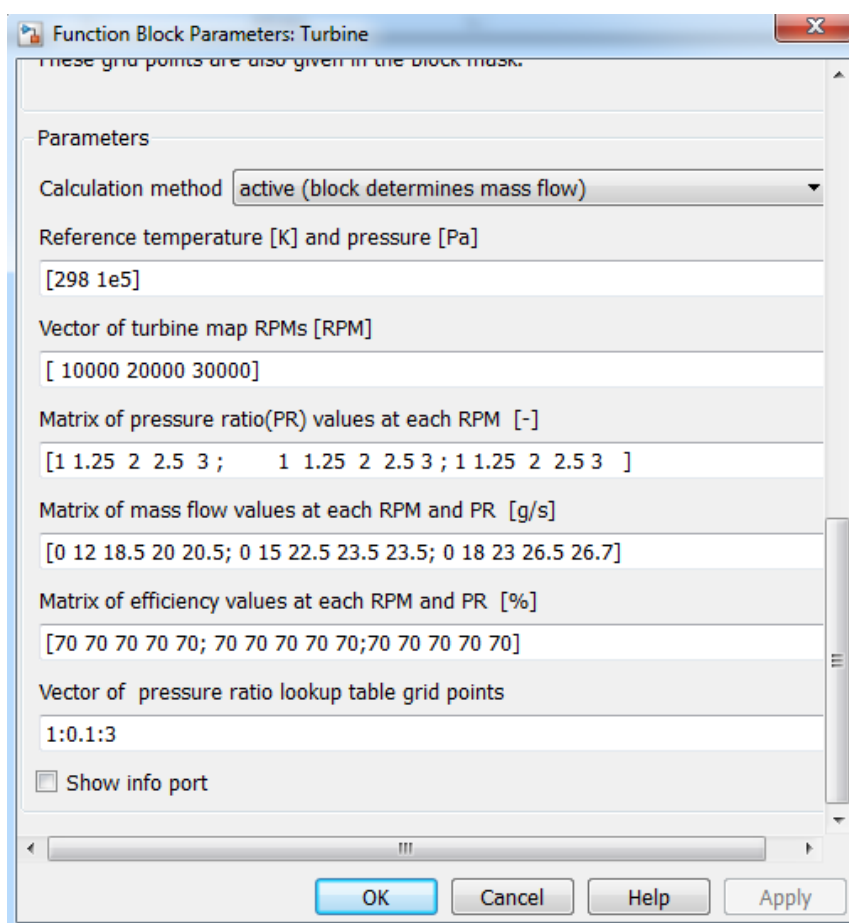


Рисунок 3.10 – Задання параметрів блока Turbine

3.11 Блок Sensor

Блок Sensor знаходиться в наборі інструментів Miscellaneous. Діалогове вікно задання параметрів блоку Sensor зображено на рисунку 3.11.

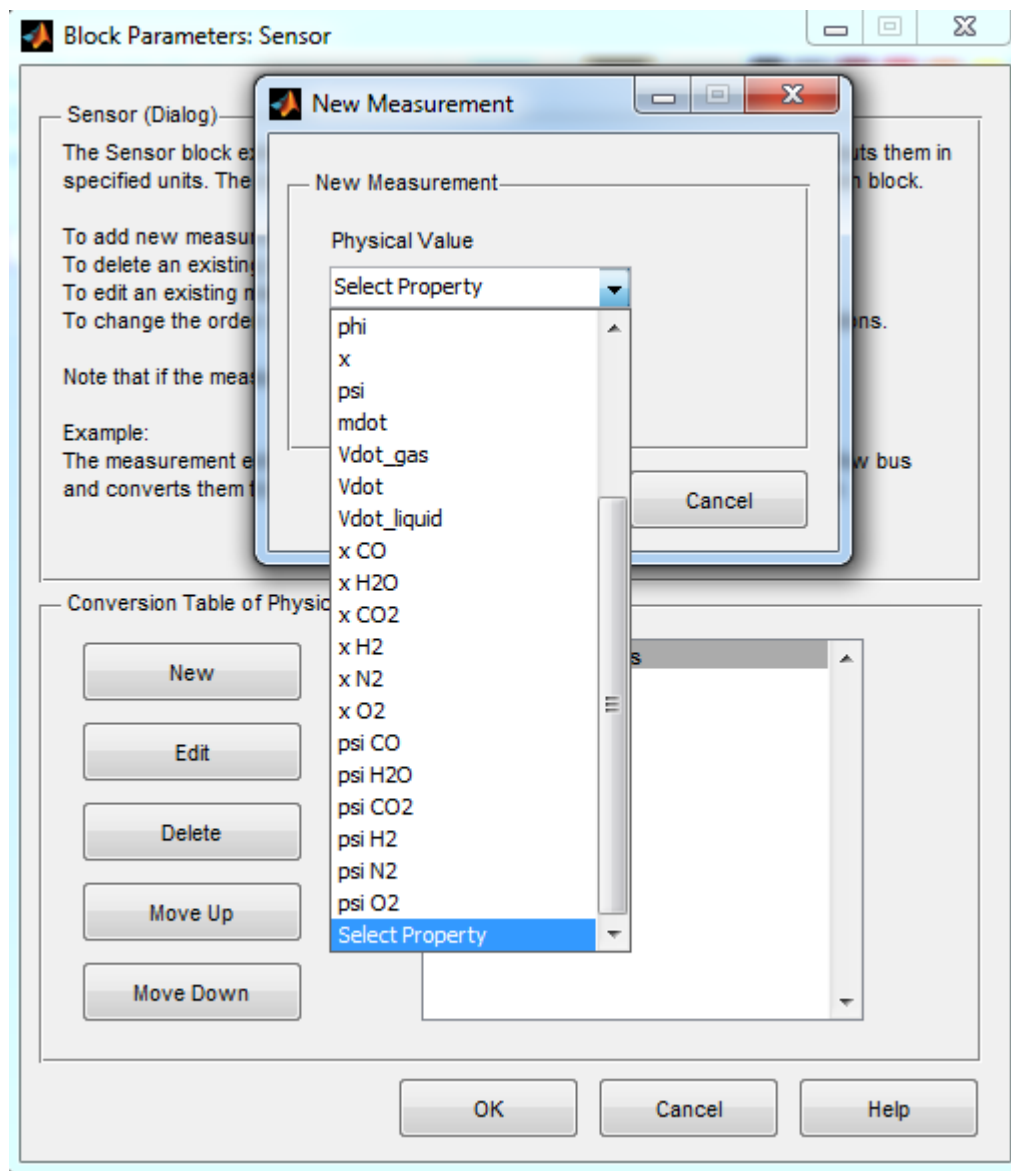


Рисунок 3.11 – Задання параметрів блока Sensor

Блок Sensor дозволяє обчислити набір сигналів з потокової шини і вивести їх у зазначених одиницях. Можливі перетворення одиниць описані в блоці перетворення одиниць. Список отриманих сигналів може бути змінений. Можна додавати, видаляти і редагувати ці сигнали, а також визначати певний порядок виведення.

3.12 Висновки

Розглянуто засоби розробки програми. Модель робочого процесу газотурбінної установки буде розроблена за допомогою функціональних блоків бібліотеки моделювання термодинамічних процесів Thermolib в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink.

Для створення інтерфейсу користувача для роботи зі створеною моделлю обрано програмне середовище розробки графічного інтерфейсу користувача GUIDE програмного пакету MATLAB.

Описані основні блоки, які входитимуть до складу розробленої моделі.

4. ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Програмна реалізація складається з моделі робочого процесу газотурбінної установки та інтерфейсу, з допомогою якого користувач матиме змогу розраховувати необхідні параметри.

4.1 Модель робочого процесу газотурбінної установки

На рисунку 4.1 зображена модель, створена засобами бібліотеки Thermolib. Схема містить всі основні блоки, необхідні для моделювання робочого процесу газотурбінної установки.

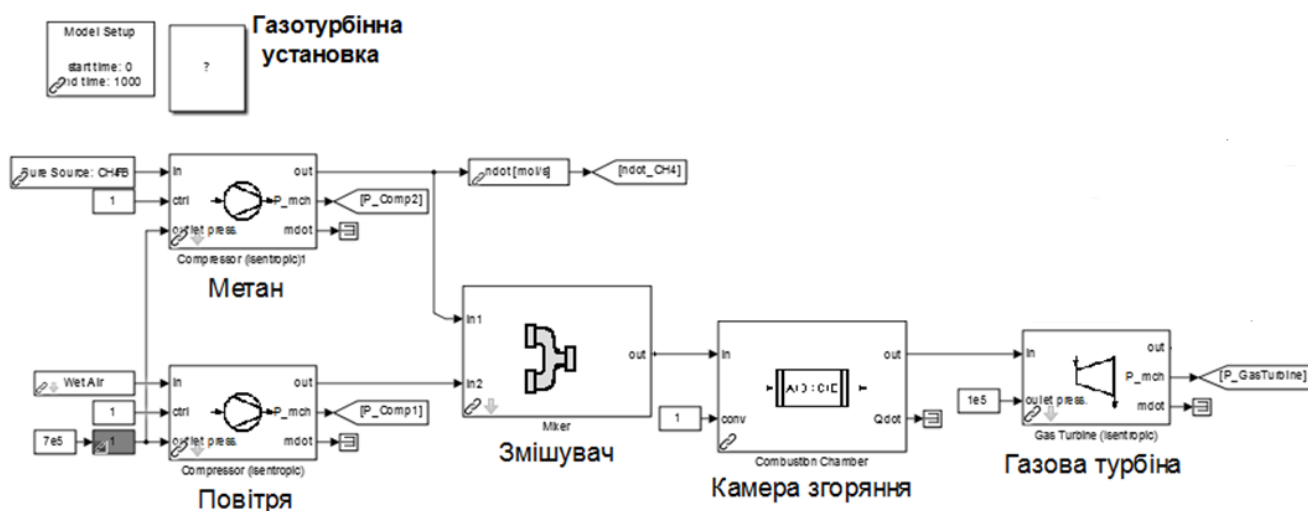


Рисунок 4.1 – Модель робочого процесу газотурбінної установки

Мітки P_Comp1, P_Comp2, ndot_CH4 та P_GasTurbine використовуються для задання вхідних параметрів моделі розрахунку коефіцієнта корисної дії даної газотурбінної установки [13]. Модель розрахунку коефіцієнта корисної дії зображена на рисунку 4.2. Розрахунок коефіцієнта корисної дії проводиться за формулою (2.1). В нашому випадку в якості палива використовується метан. Метан є одним з найперспективніших альтернативних палив та має досить хороші термодинамічні властивості.

Для розрахунку коефіцієнта корисної дії використовуються такі величини, як тиск на виході з компресора повітря, тиск на виході з компресора метану, тиск на виході з газової турбіни та молярний потік метану.

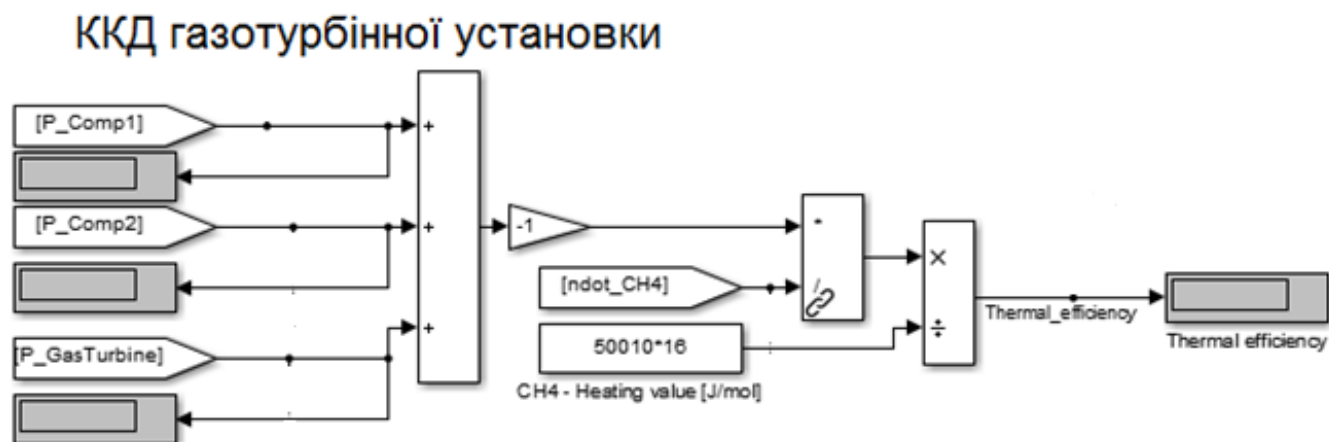


Рисунок 4.2 – Модель розрахунку коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки

Моделі зображені на рисунках 4.1 та 4.2 є динамічними, тобто значення вихідних параметрів змінюватиметься з залежно від часу.

4.2 Інтерфейс користувача для роботи з моделлю

Графічний інтерфейс користувача для роботи з моделлю складається з головного графічного вікна та графічного вікна виконання обчислень та відображення результатів розрахунку параметрів.

Головне графічне вікно зображено на рисунку 4.3. Спочатку користувач вводить назву ТЕЦ та час моделювання. Введені дані він може зберегти в текстовий файл. Для цього потрібно натиснути кнопку “Створити файл”. В поточній папці створиться текстовий файл, в якому будуть записані назва теплоелектроцентралі та час моделювання.

Також інтерфейс дозволяє користувачу вибрати кількість газотурбінних установок в межах від однієї до п'яти. У верхній частині графічного вікна є прапорці. Коли користувач встановлює прапорець навпроти назви газотурбінної установки, то він таким чином вибирає дану газотурбінну установку для подальшого

моделювання робочого процесу. Під панеллю “Виберіть газотурбінні установки”, в якій розміщені прапорці, розміщено п’ять панелей з назвами “Газотурбінна установка 1”, “Газотурбінна установка 2”, “Газотурбінна установка 3”, “Газотурбінна установка 4”, “Газотурбінна установка 5”.

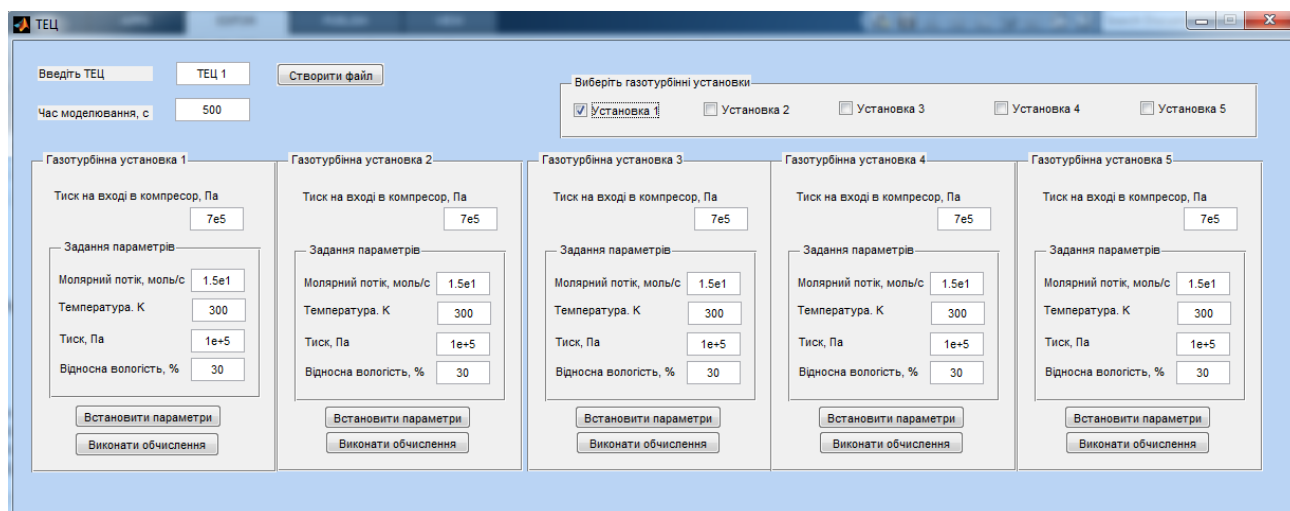


Рисунок 4.3 – Головне графічне вікно

В кожній з п’яти панелей користувач задає параметри для відповідної газотурбінної установки. До вхідних параметрів відносяться:

- тиск на вході в компресор, Па;
- молярний потік, моль/с;
- тиск, К;
- відносна вологість, %.

Після введення необхідних даних потрібно натиснути кнопку “Встановити параметри”, щоб передати введені дані в модель розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки [14].

Для запуску моделі потрібно натиснути кнопку “Виконати обчислення”. Відкриється вікно з назвою відповідної газотурбінної установки, зображене на рисунку 4.4. В даному графічному вікні відображаються таблиці з параметрами газової суміші в станах перед потраплянням в камеру згоряння, на виході з камери згоряння та на виході з газової турбіни. Таблиці заповнюються даними після натиснення кнопки “Виконати обчислення та відобразити дані”. Також запускається модель робочого процесу газотурбінної установки, розроблена засобами бібліотеки

Thermolib. Відбувається моделювання робочого процесу за час моделювання заданий користувачем в головному графічному вікні.

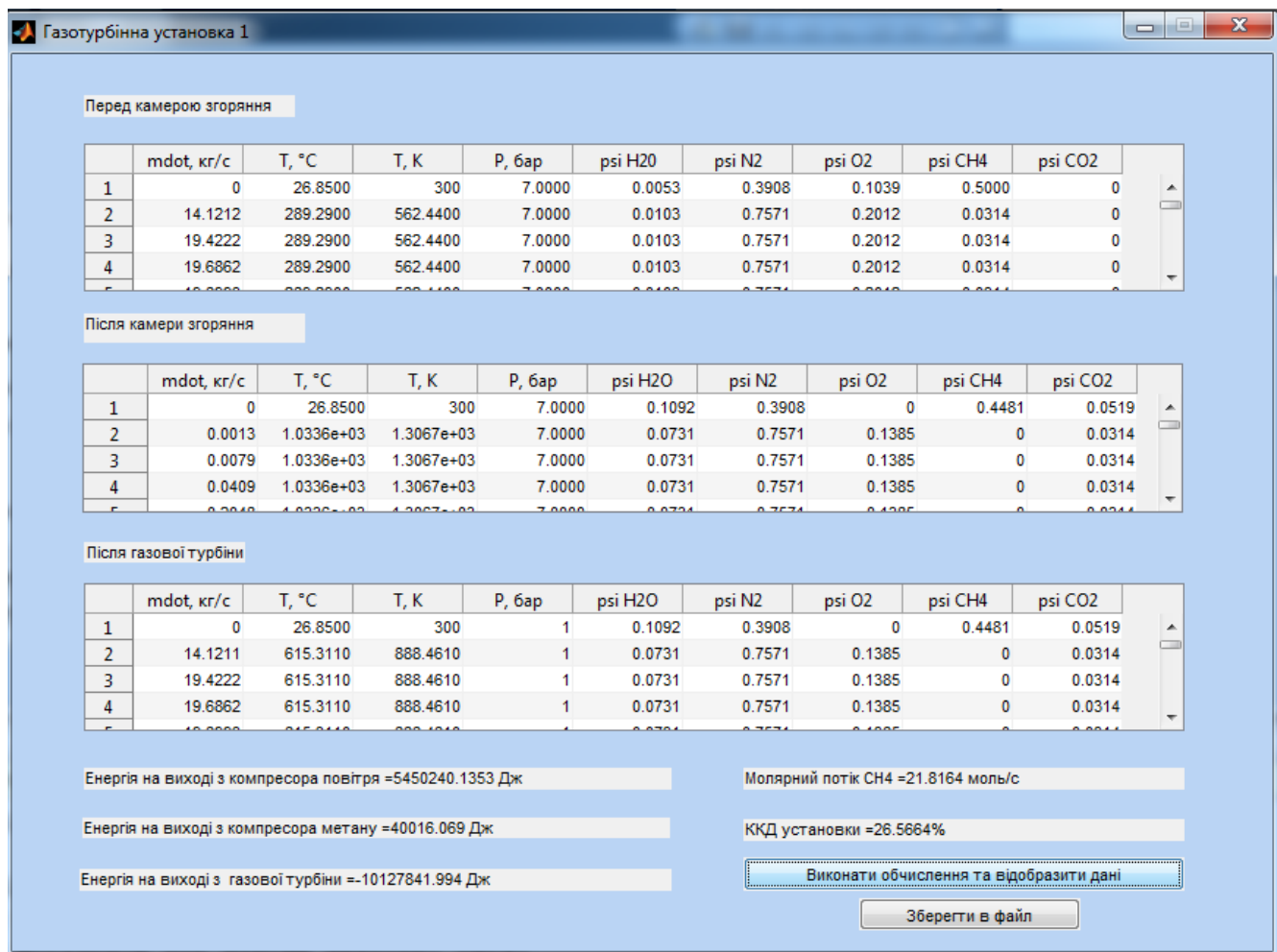


Рисунок 4.4 – Графічне вікно з результатами роботи газотурбінної установки

До розрахованих параметрів відносяться:

- залежність масової витрати газу для кожного із трьох станів від часу;
- залежність температури газу для кожного із трьох станів від часу;
- залежність тиску газу для кожного із трьох станів від часу;
- зміна масової частки H_2O в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки N_2 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки O_2 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;

- зміна масової частки CH_4 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу;
- зміна масової частки CO_2 в газовій суміші для кожного із трьох станів в залежності від часу.

В нижній частині вікна, виводяться параметри для розрахунку коефіцієнта корисної дії та коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки.

Відповідно сама модель після того, як користувач натиснув кнопку “Виконати обчислення та відобразити дані” набуде вигляду, зображеного на рисунку 4.5.

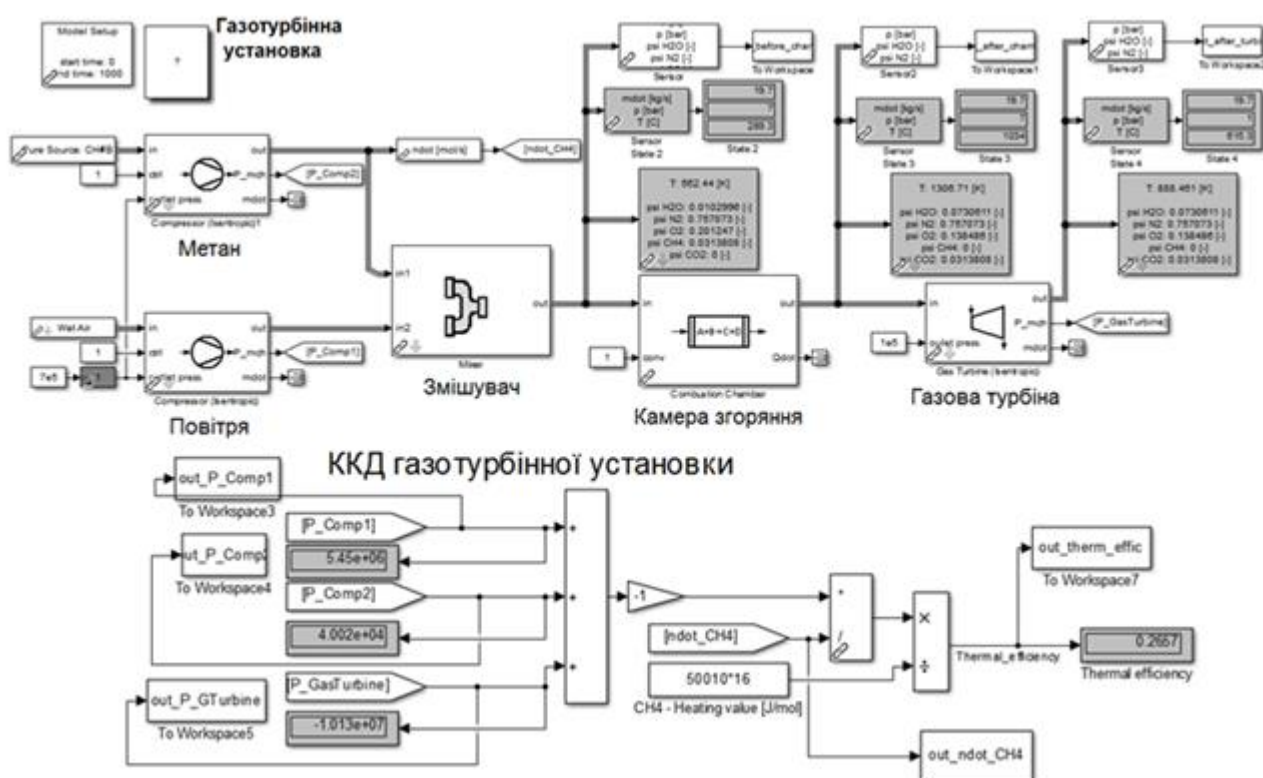
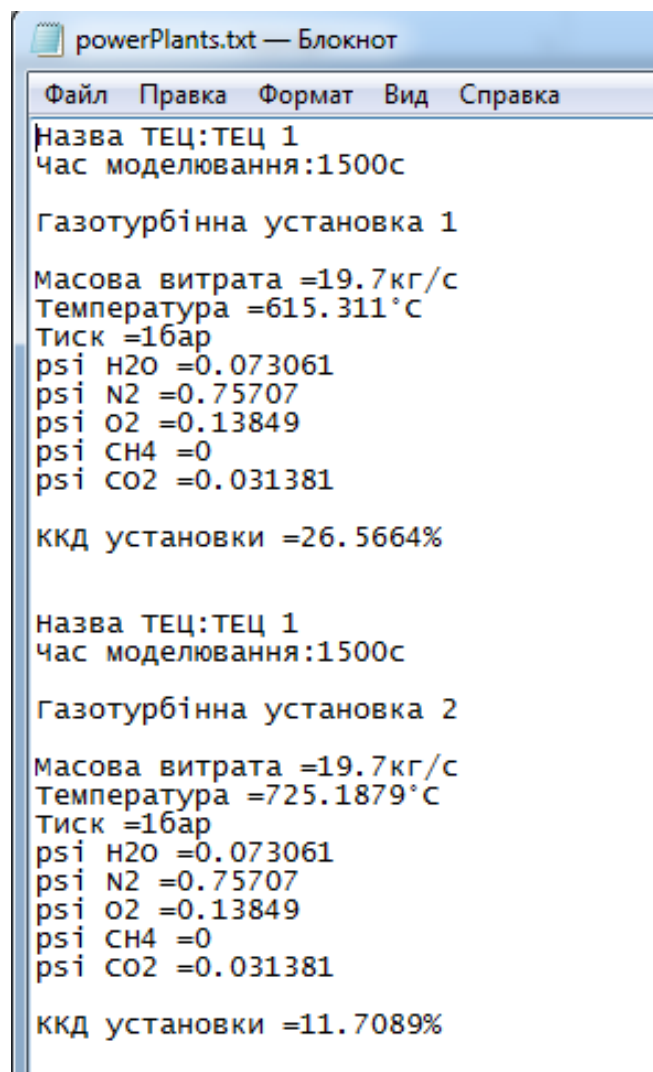


Рисунок 4.5 – Модель після запуску процесу моделювання

Відбувається динамічний перерахунок параметрів та коефіцієнта корисної дії. Процес моделювання триває, доки не закінчиться час моделювання.

Отримані результати можна зберегти в файл, створений в головному графічному вікні. Для цього потрібно натиснути кнопку “Зберегти в файл”. В поточній папці в раніше створеному текстовому файлі з’явиться інформація про кінцеві результати розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки та коефіцієнт корисної дії даної установки [15].

Встановлюючи різні початкові параметри, отримуємо різні значення обчислених параметрів робочого процесу газотурбінних установок заданої теплоелектроцентралі. Приклад записаного текстового файлу зображено на рисунку 4.6.



```

powerPlants.txt — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка

Назва ТЕЦ:ТЕЦ 1
Час моделювання:1500с

Газотурбінна установка 1
Масова витрата =19.7кг/с
Температура =615.311°C
Тиск =16ар
psi H2O =0.073061
psi N2 =0.75707
psi O2 =0.13849
psi CH4 =0
psi CO2 =0.031381

ККД установки =26.5664%

Назва ТЕЦ:ТЕЦ 1
Час моделювання:1500с

Газотурбінна установка 2
Масова витрата =19.7кг/с
Температура =725.1879°C
Тиск =16ар
psi H2O =0.073061
psi N2 =0.75707
psi O2 =0.13849
psi CH4 =0
psi CO2 =0.031381

ККД установки =11.7089%

```

Рисунок 4.6 – Приклад текстового файлу з результатами обчислень

Як можна побачити на рисунку 4.6 в текстовому файлі міститься інформація про вихідні дані програми.

4.3 Дослідження моделі

Термічний коефіцієнт корисної дії циклу газотурбінної установки зазвичай становить 40 – 50 %, а ефективний коефіцієнт корисної дії складає приблизно 25 %.

З метою підвищення ефективного коефіцієнта корисної дії дійсного циклу газотурбінної установки зазвичай використовують регенерацію тепла. Це дозволяє підвищити ефективний коефіцієнт корисної дії до 35 – 40 %.

Дослідимо як задання вхідних параметрів впливає на коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки.

Спочатку збільшимо тиск на вході в компресор. Виходячи з рисунків 4.3 та 4.4, при тиску на вході в компресор рівному 0.7 МПа, коефіцієнт корисної дії дорівнює приблизно 26.57 %.

Збільшимо тиск на вході в компресор на 0.1 МПа. Отримаємо результат, зображений на рисунку 4.7.

Газотурбінна установка 1

Перед камерою згоряння

	mdot, кг/с	T, °C	T, K	P, бар	psi H2O	psi N2	psi O2	psi CH4	psi CO2
1	0	26.8500	300	8	0.0053	0.3908	0.1039	0.5000	0
2	14.1212	312.6727	585.8227	8	0.0103	0.7571	0.2012	0.0314	0
3	19.4222	312.6727	585.8227	8	0.0103	0.7571	0.2012	0.0314	0
4	19.6862	312.6727	585.8227	8	0.0103	0.7571	0.2012	0.0314	0

Після камери згоряння

	mdot, кг/с	T, °C	T, K	P, бар	psi H2O	psi N2	psi O2	psi CH4	psi CO2
1	0	26.8500	300	8	0.1092	0.3908	0	0.4481	0.0519
2	0.0013	1.0538e+03	1.3269e+03	8	0.0731	0.7571	0.1385	0	0.0314
3	0.0079	1.0538e+03	1.3269e+03	8	0.0731	0.7571	0.1385	0	0.0314
4	0.0409	1.0538e+03	1.3269e+03	8	0.0731	0.7571	0.1385	0	0.0314

Після газової турбіни

	mdot, кг/с	T, °C	T, K	P, бар	psi H2O	psi N2	psi O2	psi CH4	psi CO2
1	0	26.8500	300	1	0.1092	0.3908	0	0.4481	0.0519
2	14.1211	606.7173	879.8673	1	0.0731	0.7571	0.1385	0	0.0314
3	19.4222	606.7173	879.8673	1	0.0731	0.7571	0.1385	0	0.0314
4	19.6862	606.7173	879.8673	1	0.0731	0.7571	0.1385	0	0.0314

Енергія на виході з компресора повітря =5945369.2353 Дж

Енергія на виході з компресора метану =50336.231 Дж

Енергія на виході з газової турбіни =-10833759.2304 Дж

Молярний потік CH4 =21.8164 моль/с

ККД установки =27.7148%

Виконати обчислення та відобразити дані

Зберегти в файл

Рисунок 4.7 – Результати роботи програми для значення тиску на вході в компресор рівному 0.8 МПа

Значення коефіцієнта корисної дії збільшилося з 26.56 % до 27.71 %. Отже, можна зробити висновок, що збільшення тиску на вході в компресор збільшує

значення коефіцієнта корисної дії. Тепер розглянемо як на коефіцієнт корисної дії впливає зміна інших вхідних параметрів.

Змінимо температуру повітря з 300 К до 350 К. Отримаємо результат зображений на рисунку 4.8.

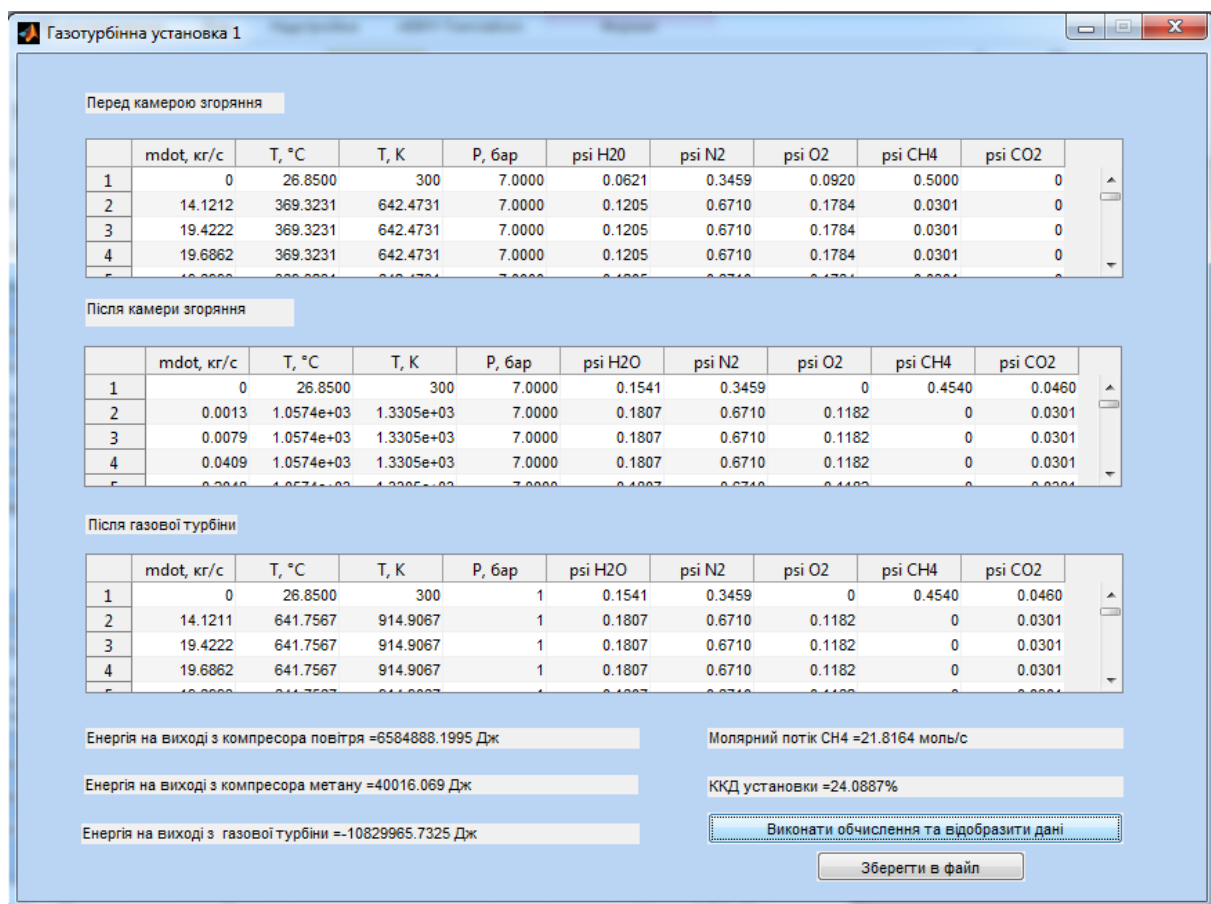


Рисунок 4.8 – Результати роботи програми для температури повітря 350 К

При збільшенні температури повітря від 300 К до 350 К, коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки зменшився від 26.56 % до 24.09 %. Отже, можна зробити висновок, що збільшення температури повітря призводить до зниження коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки. Це насамперед пов'язане з тим, що в компресорі відбувається стиснення газу.

Дослідимо як на коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки впливає збільшення тиску повітря, яке надходить в компресор. Змінимо значення тиску повітря з 0.1 МПа до 0.15 МПа. На рисунку 4.9 зображено результати роботи програми. Як бачимо коефіцієнт корисної дії збільшився з 26.56 % до 31.98 %. Відповідно можна зробити висновок, що збільшуючи тиск повітря, яке подається в

компресор, ми можемо значно підвищити коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки. В такий спосіб ми зменшуємо навантаження на компресор та підвищуємо ефективність роботи установки.

Після газової турбіни

	mdot, кг/с	T, °C	T, K	P, бар	psi H2O	psi N2	psi O2	psi CH4	psi CO2
1	0	26.8500	300	1	0.1078	0.3922	0	0.4479	0.0521
2	14.1211	575.4786	848.6286	1	0.0697	0.7598	0.1391	0	0.0314
3	19.4222	575.4786	848.6286	1	0.0697	0.7598	0.1391	0	0.0314
4	19.6862	575.4786	848.6286	1	0.0697	0.7598	0.1391	0	0.0314

Енергія на виході з компресора повітря = 4051163.2299 Дж

Енергія на виході з компресора метану = 40016.069 Дж

Енергія на виході з газової турбіни = -9674499.6363 Дж

Молярний потік CH₄ = 21.8164 моль/с

ККД установки = 31.984%

Виконати обчислення та відобразити дані

Зберегти в файл

Рисунок 4.9 – Результати роботи програми для початкового тиску повітря 0.15 МПа

В такий спосіб було досліджено вплив різних вхідних параметрів на коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки.

4.4 Інсталяція та запуск програми

Програма розроблена в програмному середовищі MATLAB з використанням інструментів бібліотеки Thermolib, яка є додатковим набором функціональних блоків програмного середовища імітаційного моделювання динамічних систем Simulink. З огляду на це, для коректної роботи програми необхідно, щоб на комп'ютері були встановлені програмне середовище MATLAB та додатково встановлена бібліотека Thermolib.

Для запуску програми достатньо вибрати в якості поточної папки для роботи в середовищі MATLAB папку з файлами програми. Та в командному вікні запусити на виконання комадну powerPlants. Після цього відкриється головне графічне вікно програми зображене на рисунку 4.3.

На рисунку 4.10 зображено командне вікно MATLAB з введеною командою powerPlants.

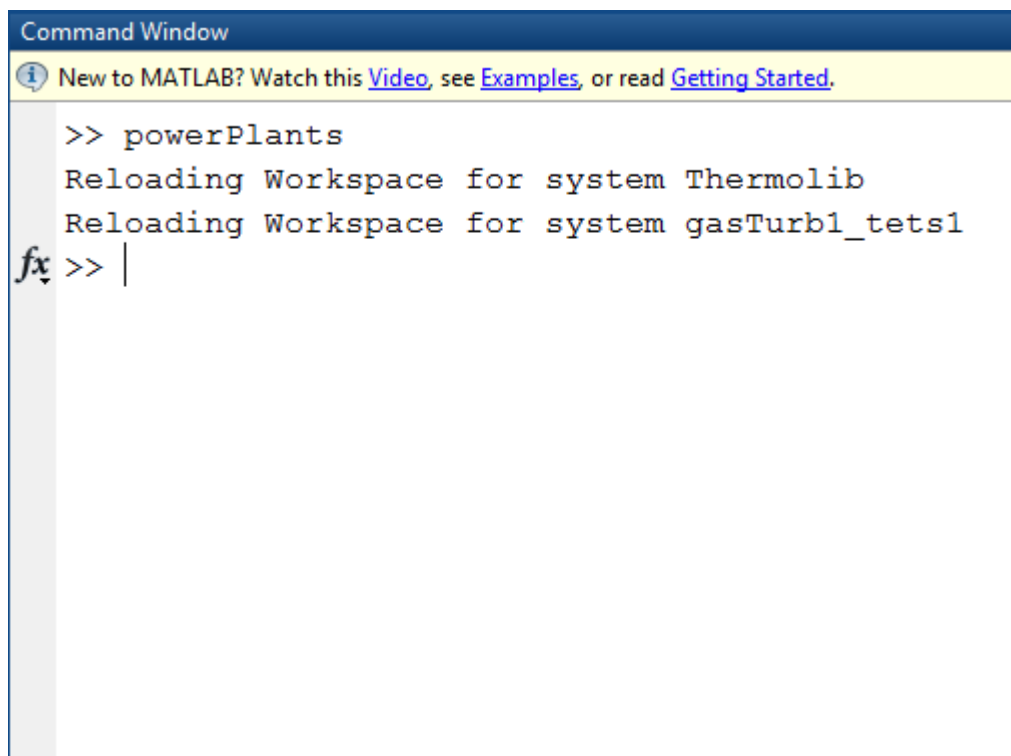


Рисунок 4.10 – Запуск програми з командного вікна MATLAB

В такий спосіб здійснена програмна реалізація системи розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки.

4.5 Висновки

Створено програмний інтерфейс, який дозволяє користувачу змодельовати робочий процес теплоелектроцентралі з кількістю газотурбінних установок в межах від однієї до п'яти.

Досліджено, яким чином вхідні параметри впливають на значення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки. Збільшення тиску на вході в компресор збільшує ефективність роботи установки.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було розроблено програмну систему розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки в середовищі моделювання MATLAB. Розроблена програма дозволяє задавати початкові параметри, моделювати процес роботи газотурбінної установки та зберігати результати моделювання.

Створено програмний інтерфейс, який дозволяє користувачу змоделювати робочий процес теплоелектроцентралі з кількістю газотурбінних установок в межах від однієї до п'яти.

Досліджено, яким чином вхідні параметри впливають на значення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки. Збільшення тиску на вході в компресор збільшує ефективність роботи установки.

Розроблена система спрощує процес моделювання роботи газотурбінної установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кириллов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. Том II. Газотурбинные установки /И.И. Кириллов – М.: Машгиз, 1956. — 318 с.
2. Арсеньев Л.В. Газотурбинные установки: Конструкции и расчет. Справочное пособие / Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин — Л.: Машиностроение, 1978. — 232 с.
3. Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки. Учебное пособие для машиностроительных вузов / В.В. Уваров – М., "Высшая школа", 1970 — 320 с.
4. Забара С.С., Гагарін О.О., Кузьменко І.М., Щербашин Ю.Д. Моделювання систем в середовищі MATLAB. –К.: Університет «Україна», 2011. -137с.
5. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель./ Дьяконов В.П. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 768 с.
6. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. Учебное пособие для вузов. — М.: МЭИ, 2002. — 584 с.
7. Ануфриев И.Е. MATLAB 7. Наиболее полное руководство в подлиннике / Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 1104 с.
8. Larminie, James. Dicks, Andrew. Fuel Cell Systems Explained, 2nd Edition, Wiley 2003.
9. Fundamentals of Thermodynamics, Richard E. Sonntag, Claus Borgnakke, Gordon J. Van Wylen, 6.Aufl., 2003, John Wiley & Sons.
10. Holman, J. P. Heat Transfer, 9th edition, McGraw-Hill, 2002.
11. Cengel,Y.A., Thermodynamic: An Engineering approach, 5th ed, McGraw-Hill, 2006.
12. Кетков Ю.Л. MATLAB 6.x.: программирование численных методов / Ю.Л. Кетков, А.Ю. Кетков, М.М. Шульц – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 672 с.

13. Щегляев А.В. Паровые турбины. Том 1 - Теория теплового процесса и конструкции турбин. Учебник для вузов: 6-е изд., переработанное, дополненное проф. Б. М. Трояновским/А.В. Щегляев – М.:Энергоатомиздат, 1993 – 384 с.
14. Иноземцев А.А. Газотурбинные двигатели / А.А. Иноземцев, В.Л. Сандрацкий – ОАО "Авиадвигатель", 2006. — 1204 с.
15. Зрелов В.А. Отечественные газотурбинные двигатели. Основные параметры и конструктивные схемы / В.А. Зрелов – М.: Машиностроение, 2005. — 336 с.

ДОДАТОК А

Система розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки в
середовищі моделювання MATLAB

Специфікація

УКР.НТУУ”КПІ”_ТЕФ_АПЕПС_ТР5151_19Б

Аркушів 1

Київ 2019

Позначення	Найменування	Примітки
Документація		
УКР.НТУУ"КПР" ТЕФ_АПЕПС_ TP5151_19Б	Пояснювальна записка	Розкриття теми дипломної роботи
Компоненти		
УКР.НТУУ"КПР" ТЕФ_АПЕПС_ TP5151_19Б 12-1	powerPlants.m gasTurb1.m	Основні компоненти
УКР.НТУУ"КПР" ТЕФ_АПЕПС_ TP5151_19Б 13-1	Додаток В	Опис програмного модуля

ДОДАТОК Б

Система розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки в
середовищі моделювання MATLAB

Текст програми

УКР.НТУУ"КПІ" _ТЕФ_АПЕПС_ТР5151_19Б 12-1

Аркушів 3

Київ 2019

```

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
open('gasTurb1_tets1.slx');
set_param('gasTurb1_tets1','StopTime',get(handles.edit7,'String'));
set_param('gasTurb1_tets1/Constant8','Value',get(handles.edit1,'String'));
set_param('gasTurb1_tets1/Wet
Air','ndot',get(handles.edit2,'String'));
set_param('gasTurb1_tets1/Wet Air','T',get(handles.edit3,'String'));
set_param('gasTurb1_tets1/Wet Air','P',get(handles.edit4,'String'));
set_param('gasTurb1_tets1/Wet Air','phi',get(handles.edit5,'String'));

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
open('gasTurb2_tets1.slx');
set_param('gasTurb2_tets1','StopTime',get(handles.edit7,'String'));
set_param('gasTurb2_tets1/Constant8','Value',get(handles.edit8,'String'));
set_param('gasTurb2_tets1/Wet
Air','ndot',get(handles.edit9,'String'));
set_param('gasTurb2_tets1/Wet Air','T',get(handles.edit10,'String'));
set_param('gasTurb2_tets1/Wet Air','P',get(handles.edit11,'String'));
set_param('gasTurb2_tets1/Wet
Air','phi',get(handles.edit12,'String'));

function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
open('gasTurb5_tets1.slx');
set_param('gasTurb5_tets1','StopTime',get(handles.edit7,'String'));
set_param('gasTurb5_tets1/Constant8','Value',get(handles.edit23,'String'));
set_param('gasTurb5_tets1/Wet
Air','ndot',get(handles.edit24,'String'));
set_param('gasTurb5_tets1/Wet Air','T',get(handles.edit25,'String'));
set_param('gasTurb5_tets1/Wet Air','P',get(handles.edit26,'String'));
set_param('gasTurb5_tets1/Wet
Air','phi',get(handles.edit27,'String'));

function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
open('gasTurb4_tets1.slx');
set_param('gasTurb4_tets1','StopTime',get(handles.edit7,'String'));
set_param('gasTurb4_tets1/Constant8','Value',get(handles.edit18,'String'));
set_param('gasTurb4_tets1/Wet
Air','ndot',get(handles.edit19,'String'));
set_param('gasTurb4_tets1/Wet Air','T',get(handles.edit20,'String'));
set_param('gasTurb4_tets1/Wet Air','P',get(handles.edit21,'String'));
set_param('gasTurb4_tets1/Wet
Air','phi',get(handles.edit22,'String'));

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
open('gasTurb3_tets1.slx');
set_param('gasTurb3_tets1','StopTime',get(handles.edit7,'String'));
set_param('gasTurb3_tets1/Constant8','Value',get(handles.edit13,'String'));

```

```

set_param('gasTurb3_tets1/Wet
Air','ndot',get(handles.edit14,'String'));
set_param('gasTurb3_tets1/Wet Air','T',get(handles.edit15,'String'));
set_param('gasTurb3_tets1/Wet Air','P',get(handles.edit16,'String'));
set_param('gasTurb3_tets1/Wet
Air','phi',get(handles.edit17,'String'));

```

```

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
f=fopen('powerPlants.txt','at');
sname=strcat('Назва ТЕЦ:',get(handles.edit6,'String'));
stime=strcat('Час моделювання:',get(handles.edit7,'String'),'c');
fprintf(f,'%s\n',sname);
fprintf(f,'%s\n\n',stime);
fclose(f);

```

```

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
sim('gasTurb1_tets1.slx');
set(handles.uitable1,'Data',out_before_chamber);
set(handles.uitable2,'Data',out_after_chamber);
set(handles.uitable3,'Data',out_after_turbine);
str1=get(handles.text4,'String');
str1=strcat(str1,num2str(out_P_Comp1(size(out_P_Comp1,1))), ' Дж');
str2=get(handles.text5,'String');
str2=strcat(str2,num2str(out_P_Comp2(size(out_P_Comp2,1))), ' Дж');
str3=get(handles.text6,'String');
str3=strcat(str3,num2str(out_P_GTurbine(size(out_P_GTurbine,1))), '
Дж');
str4=get(handles.text7,'String');
str4=strcat(str4,num2str(out_ndot_CH4(size(out_ndot_CH4,1))), '
моль/с');
str5=get(handles.text8,'String');
str5=strcat(str5,num2str(out_therm_effic(size(out_therm_effic,1))*100
,'%');
set(handles.text4,'String',str1);
set(handles.text5,'String',str2);
set(handles.text6,'String',str3);
set(handles.text7,'String',str4);
set(handles.text8,'String',str5);
set(handles.pushbutton2,'Enable','On');

```

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
f=fopen('powerPlants.txt','at');
out_aft_turb=get(handles.uitable3,'Data');
smdot=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),1));
sT=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),2));
sP=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),4));
spsih2o=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),5));
spsin2=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),6));
spsio2=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),7));
spsich4=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),8));
spsico2=num2str(out_aft_turb(size(out_aft_turb,1),9));
fprintf(f,'Газотурбінна установка 1');

```

```

fprintf(f, '\n\n');
smdot=strcat('Масова витрата = ',smdot,'кг/с');
sT=strcat('Температура = ',sT,'°C');
sP=strcat('Тиск = ',sP,'бар');
spsih2o=strcat('psi H2O = ',spsih2o);
spsin2=strcat('psi N2 = ',spsin2);
spsio2=strcat('psi O2 = ',spsio2);
spsich4=strcat('psi CH4 = ',spsich4);
spsico2=strcat('psi CO2 = ',spsico2);
skkd=get(handles.text8,'String');
fprintf(f, '%s\n',smdot);
fprintf(f, '%s\n',sT);
fprintf(f, '%s\n',sP);
fprintf(f, '%s\n',spsih2o);
fprintf(f, '%s\n',spsin2);
fprintf(f, '%s\n',spsio2);
fprintf(f, '%s\n',spsich4);
fprintf(f, '%s\n\n',spsico2);
fprintf(f, '%s\n\n\n',skkd);
fclose(f);

```

ДОДАТОК В

Система розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки в
середовищі моделювання MATLAB

Опис програми

УКР.НТУУ"КПІ" _ТЕФ_АПЕПС _ТР5151_19Б 13-1

Аркушів 8

Київ 2019

АНОТАЦІЯ

Розділ містить опис частини, яка слугує для роботи з моделлю, розробленою засобами бібліотеки Thermolib, з допомогою якої виконується розрахунок параметрів робочого процесу газотурбінної установки. Описана частина програми призначена для створення графічного інтерфейсу користувача для роботи з програмою. Модуль надає можливість задавати значення вхідних параметрів, отримувати необхідні вихідні дані, зберігати інформацію в текстовий файл. Модуль написано мовою програмування Matlab.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	51
2. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ	52
3. ОПИС ЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРОГРАМИ.....	53
4. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ.....	54
5. ВИКЛИК І ЗАВАНТАЖЕННЯ	55
6. ВХІДНІ ТА ВИХІДНІ ДАНІ.....	56

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У додатку розглядається один з програмних модулів системи — модуль для роботи з моделлю, розробленою засобами бібліотеки Thermolib з кодом УКР.НТУУ”КПІ”_ТЕФ_АПЕПС_ТР5151_19Б 12-1, що міститься у файлі powerPlants.m. Модуль реалізовано за допомогою засобів програмного середовища GUIDE. Модуль призначений для полегшення роботи користувача з програмною. Користувач має можливість задавати вхідні параметри, отримувати вихідні дані та зберігати результати обчислення в текстовий файл.

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ

Призначенням модуля для роботи з моделлю робочого процесу газотурбінної установки, розробленої засобами бібліотеки Thermolib є полегшення роботи користувача з програмою. Модуль програми дозволяє користувачу задавати вхідні параметри, отримувати вихідні параметри, та зберігати необхідні дані в текстовий файл. Також він надає користувачу можливість викликати та запускати модель розрахунку параметрів робочого процесу газотурбінної установки.

ОПИС ЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРОГРАМИ

Передача параметрів введених користувачем в модель розрахунку та отримання і виведення розрахованих даних є головним завданням модуля. При запуску системи модуль передає всю інформацію, яку задав користувач в модель розрахунку параметрів, а потім приймає обчислені дані для відображення на користувацькому інтерфейсі. Також модуль надає змогу зберігати результати роботи моделі в текстовий файл.

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ

Модуль розроблено у програмному середовищі MATLAB R2014a, засобами графічного середовища імітаційного моделювання Simulink, з використанням інструментів бібліотеки для моделювання термодинамічних процесів Thermolib. Інтерфейс користувача розроблений засобами GUIDE MATLAB. Програмна система розроблювалась на комп'ютері із встановленою операційною системою Windows 7.

ВИКЛИК І ЗАВАНТАЖЕННЯ

Програмний модуль реалізований як окремий m-файл, який забезпечує існування клієнтського інтерфейсу для роботи з моделлю розрахунку параметрів. Відповідно за допомогою даного модулю можна запустити модель на виконання та отримати розраховані значення. Для запуску модуля програми достатньо в командному вікні середовища MATLAB ввести назву m-файлу та натиснути клавішу Enter.

ВХІДНІ І ВИХІДНІ ДАНІ

Вхідними даними для модуля є інформація, яку користувач вводить в графічному вікні програми.

Вихідними даними програмного модуля є розраховані параметри та текстовий файл, в який користувач зберігає необхідну інформацію.